



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONA TECH
Centro de Políticas del Suelo y Valoraciones



ETSAB
Escola Tècnica Superior
d'Arquitectura de Barcelona

Departamento de Tecnología de la Arquitectura

Programa de Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica

Barcelona, Mayo de 2017

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA

MOIRA TORNÉS FERNÁNDEZ

Director: Dr. CARLOS MARMOLEJO DUARTE

TESIS DOCTORAL

El impacto del policentrismo sobre el consumo de suelo y la movilidad laboral
Un estudio comparado para las 7 principales áreas metropolitanas españolas

Universitat Politècnica de Catalunya
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona

TESIS DOCTORAL

El impacto del policentrismo sobre el consumo de suelo y la movilidad laboral

Un estudio comparado para las 7 principales áreas metropolitanas españolas

Clave UNESCO: 250505 | 332900 | 520301 | 620103

Tesis presentada para obtener el grado de doctor por:

MOIRA TORNÉS FERNÁNDEZ

Director: **Dr. CARLOS MARMOLEJO DUARTE**

Departamento de Tecnología de la Arquitectura
Programa de Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica

Barcelona, Mayo de 2017

*A mis dos mitades, Mia y Lea,
porque sin saberlo, me habéis dado la fuerza para finalizar este trabajo.*

Agradecimientos

Llegar hasta aquí ha sido un camino largo y duro, y algunas veces, incluso llegas a pensar en tirar la toalla porque no ves un final. Empezar, resistir y terminar una tesis doctoral es un desafío que lleva consigo un gran esfuerzo personal, pero también colectivo. Es por ello que me gustaría agradecer el haber llegado hasta aquí a una serie de personas.

En primer lugar, sin duda alguna está mi director de tesis, Dr. Carlos Marmolejo. Gracias por tus palabras de apoyo y confianza que me daban fuerzas para continuar. Gracias por tu tiempo, experiencia e interés mostrados desde el Máster hasta la última coma de esta tesis. Gracias por hacerme partícipe en diversos proyectos de investigación en los que aprendí muchísimo. Pero sobre todo, gracias por tu amistad, que es realmente lo que me llevo de ti.

Agradecer también al director del departamento de Tecnología de la Arquitectura y del Centro de Políticas del Suelo y Valoraciones, Dr. Josep Roca, por brindarme los recursos y el espacio de trabajo en donde poder desarrollar mi investigación.

A las personas que componen el Centro de Políticas del Suelo y Valoraciones de la Univeritat Politècnica de Barcelona por su inestimable ayuda en la finalización de esta tesis: Rolando Biere, Montse Moix, Blanca Arellano y Magda Ulied. Y para mis compañeros de grupo, doctorados y posdocs, sólo tengo palabras de cariño: Helena Ruiz, Lenimar Arends, Eduardo Chica, Daniela Idrovo, Camilo Echavarría, Jorge Cerda y Juan Corso.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo este duro reto. A pesar de la distancia, siempre han estado en los momentos buenos y malos, para escucharme, ayudarme y aconsejarme. A mis padres, Juanjo y Pepa, gracias por haberos esforzado tanto por darnos la mejor educación dentro y fuera de casa. A mi hermana, Clara, gracias por tu confianza y por mostrarme siempre tus palabras de incondicional apoyo.

Finalmente, *grazie mille* a la persona que me acompaña allá donde vaya, sin importar el lugar, Roma, Granada, Sevilla, Barcelona o Almería, el hogar está en nosotros dos. *Grazie* Mirko por la paciencia, comprensión y por el tiempo robado a nuestra historia. Sin tu apoyo, esta tesis nunca se hubiese escrito, y por todo ello, este trabajo es también tuyo y de nuestras mitades, Mia y Lea. *Vi manto!*

Resumen

La disposición espacial de la población y del empleo es un tema importante en las metrópolis contemporáneas, sobre todo frente a la aparición de la expansión y el crecimiento urbano no estructurado, que comprende un alto riesgo de daños al medio ambiente. Es por ello que las nuevas políticas, especialmente, las europeas, han fomentado un desarrollo policéntrico como un modelo alternativo a la dispersión, ya que supuestamente conduce a la cohesión, la competitividad y la sostenibilidad.

El **problema de la investigación** nace como respuesta a esta nueva dimensión metropolitana de la sostenibilidad, y en particular, ante esta nueva estructura policéntrica, haciendo imperiosa la necesidad de analizar sus características, evolución e influencia sobre el proceso general de urbanización.

Las **hipótesis** planteadas en la investigación son fundamentalmente dos: 1) Los sistemas policéntricos son potencialmente sostenibles, desde una perspectiva ambiental, al generar territorios más compactos reduciendo el consumo del suelo. 2) En segundo lugar, se espera que una estructura urbana policéntrica ofreciese más oportunidades de trabajo a lo largo del territorio, lo cual incidiría en la movilidad laboral (desplazamientos entre el hogar y el trabajo, conocidos, *commuting*), de tal manera, que cuanto más importante fuese la concentración- descentralizada urbana (policentrismo), menor lo sería la distancia recorrida desde la residencia al trabajo.

El **principal objetivo** de esta tesis doctoral es evaluar a través del análisis, tanto teórico como empírico, en qué medida los sistemas policéntricos hacen eficiente la urbanización, en el sentido de reducir y acortar los viajes laborales (*commuting*), a la vez, que minimizan el consumo del suelo (inversa de la densidad urbana), que es uno de los recursos más escasos con el que cuentan nuestras ciudades.

La **metodología** utilizada en el análisis empírico se divide en: 1) caracterización de la estructura urbana, mediante la determinación de los límites de los sistemas metropolitanos y detección e identificación de los elementos estructuradores: subcentros y centro; 2) caracterización del concepto de policentrismo, bajo los enfoques, morfológicos de la polinucleación y, funcional de la policentricidad; 3) caracterización del consumo de suelo (inversa de la densidad urbana) desde el punto de vista territorial, económico y urbano; 4) caracterización de la movilidad laboral,

mediante el análisis de ciertos indicadores como son el exceso de movilidad o las distancias recorridas por los trabajadores desde su hogar a su puesto de trabajo; y 5) finalmente, se ha utilizado el análisis de regresión lineal para el estudio de la relación entre, primero la estructura urbana polinucleada y el consumo de suelo, y segundo, la relación entre el policentrismo y la reducción de la movilidad laboral.

En primer lugar, los **resultados** del impacto del policentrismo sobre el aumento de la densidad urbana, muestran que más allá de los propios subcentros, el impacto en el consumo de suelo deja de ser significativo, y sugieren que existen otros factores territoriales que tiene un mayor poder explicativo, como es el caso de la fragmentación de los tejidos urbanizados. Con esto lo que se plantea es si realmente los desarrollos policéntricos promovidos por las políticas de planificación territorial presentan tales ventajas ambientales.

Finalmente, los **resultados** referentes al impacto de los subcentros en la reducción de la movilidad laboral reflejan, que no sólo la proximidad a los subcentros hace la movilidad más eficiente, sino que existen otros factores que también contribuyen a la disminución de la distancia de los *commuting*, como lo es la diversidad de la oferta de viviendas. Por el contrario, constan otras variables que aumentan las pautas de la movilidad metropolitana, como son las infraestructuras del transporte (privado y público) o el ratio empleo/vivienda, en especial, la relación que se da en los polígonos industriales.

Abstract

The spatial distribution of population and employment is an important issue in contemporary metropolises, especially when facing the expansion and the unstructured urban growth, which involve a high risk of damage to the environment. Within this frame, new policies, especially the European ones, have promoted a polycentric development as an alternative model to the dispersion, as it theoretically leads to cohesion, competitiveness and sustainability.

The **research problem** arises as a response to this new metropolitan dimension of sustainability, and in particular, to this novel polycentric structure, which makes imperative to evaluate its characteristics, evolution and influence on the general urbanization process.

Two main **hypotheses** have been presented in the research: 1) Polycentric systems are potentially sustainable from an environmental perspective, by generating more compact territories reducing the consumption of the land. 2) In addition, a polycentric urban structure is expected to offer more job opportunities throughout the territory, which would affect/impact labor mobility (displacements between home and work, known/named as commuting), in such a manner that, the more significant the decentralized urban-concentration (polycentrism), the smaller/shorter the distance from residence to work.

The **main objective** of this doctoral thesis is to evaluate, through both theoretical and empirical analysis, in which extent the polycentric systems make urbanization efficient, in terms of reducing and shortening commuting, -as well as minimizing the consumption of the land (inverse of the urban density), one of the scarcest resources within our cities.

The **methodology** used in the empirical analysis is divided into: 1) characterization of the urban structure, by determining the limits of the metropolitan systems and detection and identification of the structuring elements: subcenters and center; 2) characterization of the concept of polycentrism, under the approaches, morphological of the polinucleation and, functional of the polycentricity; 3) characterization of the land use (inverse of the urban density) from the territorial, economic and urban point of view; 4) characterization of labor mobility, through the analysis of certain indicators

such as the excess of mobility or the distances covered by workers from home to work; and 5) finally, linear regression analysis was used to first of all study the relationship between polynuclear urban structure and land consumption, and secondly, the relationship between polycentrism and the reduction of labor mobility.

First, the impact of polycentrism on the increase of urban density in subcenters shows that beyond subcenters itself, the impact is no longer significant, and suggests that there are other territorial factors that have a greater explanatory power, such as is the case of the fragmentation of urbanized fabrics. Therefore, the question is whether polycentric developments promoted by territorial planning policies have such environmental advantages.

To close, the **results** concerning the impact of the subcenters on the reduction of labor mobility reflect that not only the proximity to the subcenters makes the mobility more efficient, but other factors also contribute to the reduction of commuting distance, as is the diversity of the housing supply. On the contrary, there are other variables that increase the patterns of metropolitan mobility, such as transport infrastructure (private and public) or employment/housing ratio, especially the relationship within industrial estates.

*“El éxito no es final, el fracaso no es fatal;
es el coraje para continuar lo que cuenta”*

Winston Churchill

Índice

INTRODUCCIÓN.....	9
Antecedentes de la investigación	22
Objetivos de la investigación	23
Hipótesis de la investigación	24
Estructura del documento	24
Artículos	30
Congresos.....	31
Capítulos de Libro	32

PARTE TEÓRICA

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO DE LA ESTRUCTURA URBANA

1.1. Introducción	30
1.2. Estudios sobre la localización de las actividades económicas y factores de crecimiento urbano..	31
1.2.1. Teorías de la localización abordados desde la perspectiva de la Economía Urbana.....	34
1.2.2. Teorías de localización abordadas desde la perspectiva de la Ciencia Regional	43
1.3. Localización de actividades económicas en función de las economías de aglomeración	51
1.3.1. Economías de escala internas a la empresa	52
1.3.2. Economías de aglomeración.....	52
1.3.3. Deseconomías de aglomeración.....	58
1.3.4. Economías netas	55
1.4. Los procesos de crecimiento urbano	60
1.4.1. Modelos teóricos desde la perspectiva de la Nueva Economía Urbana	62
1.4.2. Monocentrismo.....	64
1.4.3. Policentrismo.....	70
1.4.4. Dispersión / <i>sprawl</i>	75
1.5. Síntesis del capítulo.....	84

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO DE LA MOVILIDAD LABORAL

2.1. Introducción	90
2.2. Sistemas de transporte. Tipos. Evolución y desarrollo	91
2.2.1. Evolución de los medios de transporte en la ciudad	92
2.2.2. Infraestructura del sistema de transporte, estructura y cambios urbanos	91
2.2.3. Reparto modal.....	94
2.3. Rol de la estructura urbana y las transformaciones de la sociedad sobre la movilidad contemporánea	103
2.3.1. Nuevas estructuras territoriales de la movilidad.....	100
2.3.2. Nuevas sociedades y culturas de la movilidad.....	105

2.4.	Conceptualización de la movilidad. Tipos. La movilidad cotidiana laboral (<i>commuting</i>)	108
2.4.1.	Motilidad: coordenadas socio-territoriales del análisis de la movilidad	111
2.4.2.	Behaviorismo: coordenadas psicológicas del análisis de la movilidad	114
2.4.3.	Tipos de movilidad	115
2.4.4.	Movilidad cotidiana laboral: <i>commuting</i>	119
2.4.5.	Dimensiones de la movilidad cotidiana laboral	122
2.5.	Accesibilidad territorial leída desde la perspectiva del paradigma contemporáneo de la sostenibilidad	127
2.5.1.	Las dimensiones de la accesibilidad	129
2.6.	Costes de la movilidad y transporte. Impactos en la sostenibilidad	1348
2.6.1.	Desarrollo sostenible.....	134
2.6.2.	Costes en la sostenibilidad	136
2.7.	Síntesis del capítulo.....	1404

CAPÍTULO III. ESTADO DEL ARTE DEL IMPACTO DEL POLICENTRISMO SOBRE EL CONSUMO DE SUELO

3.1.	Introducción	1437
3.2.	Identificación de subcentros mediante métodos basados en los análisis de Densidad	1448
3.2.1.	Métodos para la detección e identificación de subcentros	145
3.2.2.	Funciones de densidad urbana por tipologías de estructura urbana.....	151
3.3.	Literatura empírica sobre el consumo de suelo a través del gradiente de la densidad urbana ...	155
3.3.1.	Estudios con gradientes de densidad poblacional negativos	157
3.3.2.	Estudios con gradientes de densidad poblacional positivos	158
3.3.3.	Estudios en los que los resultados de las investigaciones concluyen con gradientes de densidad poblacional estadísticamente no significativos.....	159
3.4.	Síntesis del capítulo.....	160

CAPÍTULO IV. ESTADO DEL ARTE DEL IMPACTO DEL POLICENTRISMO SOBRE LA MOVILIDAD LABORAL

4.1.	Introducción	163
4.2.	Métodos de identificación de subcentros mediante criterios de análisis de Flujos	164
4.2.1.	<i>Ratio viajes/empleo</i>	166
4.3.	Literatura empírica sobre algunos indicadores que inciden en la relación existente entre la estructura urbana y la distancia de los desplazamientos.....	170
4.3.1.	<i>Job- Housing balance</i>	173
4.3.2.	Ubicación del empleo/residencia respecto del CBD.....	174
4.3.3.	Ubicación del empleo en los subcentros	175
4.3.4.	Densidad laboral/residencial elevada reduce las distancias de viaje	176
4.3.5.	La infraestructura de las ciudades	177
4.3.6.	Variables socio-demográficas sobre los patrones de la movilidad	177
4.3.7.	El comportamiento de personas afecta al comportamiento de la movilidad laboral	178

Índice

4.3.8.	Transporte privado/público.....	178
4.3.9.	Variables medioambientales	179
4.4.	Estado del arte del impacto del policentrismo sobre el consumo de suelo y la movilidad	180
4.5.	Síntesis del capítulo.....	181

PARTE EMPÍRICA

CAPÍTULO V. METODOLOGÍA

5.1.	Fuentes de información	188
5.2.	Métodos para la caracterización de la estructura urbana	191
5.2.1.	Determinación de los límites de los sistemas metropolitanos	191
5.2.2.	Detección e identificación de elementos estructuradores: subcentros y centro	200
5.3.	Caracterización del concepto general de Policentrismo	200
5.3.1.	Indicador de Polinucleación	200
5.3.2.	Indicador de Policentricidad	201
5.3.3.	Nivel de Policentrismo.....	204
5.4.	Métodos para la caracterización del consumo de suelo	206
5.4.1.	Indicador de consumo de suelo/ densidad de uso del suelo	206
5.4.2.	Estructura de la matriz territorial	207
5.4.3.	Estructura de la actividad económica.....	209
5.4.4.	Estructura urbana.....	210
5.5.	Métodos para caracterizar la movilidad laboral.....	214
5.5.1.	Índice de Exceso de Movilidad.....	214
5.5.2.	Otros factores urbanísticos con incidencia sobre la movilidad.....	217
5.5.3.	Distancias recorridas.....	223
5.6.	Síntesis del capítulo.....	227

CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1.	Resultados de la Caracterización de la Estructura urbana	229
6.1.1.	La delimitación de los sistemas metropolitanos- ámbito de estudio I.....	230
6.1.2.	Identificación de estructuras urbanas- Ámbito de estudio II.....	244
6.2.	Resultados de la caracterización del concepto general de policentrismo	254
6.2.1.	Nivel de Polinucleación	254
6.2.2.	Nivel de Policentricidad	258
6.2.3.	Nivel de policentrismo	267
6.3.	Resultados de la caracterización del consumo suelo	270
6.3.1.	Indicador Consumo de suelo/ Densidad de uso del suelo	270
6.3.2.	Estructura de la matriz territorial	276
6.3.3.	Estructura económica	279
6.3.4.	Estructura urbana.....	283
6.4.	Relación entre el consumo de suelo y el policentrismo	287

6.4.1.	Modelo de regresión 1: densidad urbana y distancias CBD y subcentros	287
6.4.2.	Modelo de regresión 2: densidad urbana y todas las variables	291
6.4.3.	Modelo de regresión 3: todas las variables pero con subcentros integrados	294
6.4.4.	Modelos de regresión 4: densidad laboral y demográfica para todos los subcentros y con todas las variables	297
6.4.5.	Modelo de regresión 5: Localmente ponderada LWR	301
6.5.	Resultados de la Caracterización de la movilidad	306
6.5.1.	Índice de exceso de movilidad	306
6.5.2.	Indicador de densidad estaciones	308
6.5.3.	Indicador de densidad accesos autopistas	310
6.5.4.	Indicador de equilibrio	312
6.5.5.	Tasa de Autocontención	316
6.5.6.	<i>Job ratio</i>	318
6.5.7.	<i>Job Housing Balance Ratio</i>	320
6.5.8.	Diversidad de tamaño vivienda	322
6.5.9.	Diversidad sectorial de empleo	324
6.5.10.	Indicador del Porcentaje empleo industrial	326
6.5.11.	Nivel de renta/ socioprofesional	328
6.6.	Resultados de la relación entre la movilidad y el policentrismo	335
6.6.1.	¿Influye el tamaño y forma de las ciudades sobre la movilidad laboral?	335
6.6.2.	¿Influye el nivel de policentrismo de las ciudades en la movilidad laboral?	337
6.6.3.	La influencia de la movilidad laboral ¿de qué factores depende?	339
6.6.4.	¿Difieren los patrones de movilidad de la población según resida o no en los subcentros?	344
6.6.5.	¿Difieren los patrones de movilidad de la población según su género resida o no en los subcentros?	356
CONCLUSIONES		365
Conclusiones de las estructuras urbanas policéntricas		365
Conclusiones de la relación entre consumo de suelo y policentrismo		368
Conclusiones de la relación entre movilidad laboral y policentrismo		370
Conclusiones finales		376
BIBLIOGRAFÍA		379
ÍNDICE DE TABLAS		397
ÍNDICE DE FIGURAS		399
ANEXO I		403
ANEXO II		409

Introducción

La disposición espacial de la población y el empleo es un tema importante en las metrópolis contemporáneas, sobre todo frente a la aparición de la expansión y el crecimiento urbano no estructurado, que comprende un alto riesgo de daños al medio ambiente.

Desde un punto de vista social, la separación de empleo y residencia conlleva consecuencias perniciosas, principalmente para los grupos sociales con movilidad limitada; desde un punto de vista económico, la separación de las empresas significa perder la oportunidad de aprovechar las ventajas de las economías externas, y desde el punto de vista ambiental, la dispersión territorial, supone un excesivo consumo de suelo y un sistema de transporte con elevados costes ambientales. En España, la perspectiva ambiental ha sido relevante, especialmente en el transcurso de los últimos 15 años, un período en el que el sector inmobiliario ha sobrepasado en exceso la demanda real de viviendas, la mayoría de las veces siguiendo un esquema de baja densidad. Tal preocupación ha traspasado claramente la jurisdicción nacional, ya que se refleja en el Informe Auken para el Parlamento Europeo sobre el impacto de la urbanización extensiva y las amenazas ambientales, sobre todo en las zonas costeras (Auken, 2009). Por tanto, el policentrismo supone la existencia de economías de aglomeración, la reducción del tiempo de los desplazamientos y el menor consumo de recursos respectivamente.

Los políticos, especialmente en Europa, han fomentado un desarrollo policéntrico como un modelo alternativo a la dispersión, ya que supuestamente conduce a la cohesión, la competitividad y la sostenibilidad (Meijers, 2008); si bien, la base empírica de tales beneficios es aún débil y en algunos casos es contradictoria (Boix y Trullén, 2012). De tal manera, se ha dicho que el policentrismo, tiene más parte de normativa que de análisis (Green, 2007). Nuestro principal objetivo es explorar en qué medida los subcentros tienen un impacto en la densidad de vecinos, reduciendo de esta manera la tierra consumida por las actividades urbanas, y por lo tanto arrojar luz sobre la sostenibilidad ambiental del policentrismo en el contexto regional de las metrópolis analizadas. Este objetivo está alineado con Muñiz, *et al.* (2008), en la siguiente declaración exponen que *"la importancia del policentrismo no sólo radica en la*

posibilidad de concentrar el empleo en un número limitado de áreas en condiciones de alta densidad, sino también en su capacidad para estructurar y jerarquizar el crecimiento de las ciudades en comparación con un modelo disperso, amorfo y desestructurado, sin anclajes". (p. 628)

Aunque el concepto de policentrismo sigue siendo muy difuso, se pueden observar dos características distinguibles: la primera está relacionada con la escala de análisis, y la segunda, con la conceptualización de los subcentros y la influencia en su entorno. En la primera, las escalas pueden variar de continental a intrametropolitana (Kloosterman y Musterd, 2001). En la segunda, los subcentros pueden analizarse de manera morfológica o funcional. En este documento, la atención se centra en la escala intrametropolitana y siguiendo tanto el enfoque morfológico, como funcional. De tal manera, que la baja densidad y la periferia monofuncional, se han ido transformando en una compleja periferia que tiene tanto concentraciones de empleo, como de vivienda, caracterizada por ser unos territorios densamente multifuncionales en la afueras de las ciudades (Bontje, 2004).

Por otro lado, la forma urbana (es decir, la distribución espacial del empleo y de la población) debe influir en los patrones de viajes. Así, en un marco policéntrico, los lugares de trabajo se concentran en varios centros a lo largo de toda la ciudad, por lo que los trabajadores tienen más oportunidades para la búsqueda de un empleo cerca de su residencia. En consecuencia, en un viaje por motivo laboral dentro de una metrópolis policéntrica, debería ser más corto que los que se producen en un sistema mono-céntrico, en el que todos los trabajadores tienen que viajar al centro ya que es el único lugar de empleo en la ciudad.

Esta nueva dimensión metropolitana, y en particular, esta nueva estructura multinucleada, hacen imperiosa la necesidad de investigar sus características, evolución e influencia sobre el proceso general de urbanización.

Antecedentes de la investigación

El tema de este proyecto de investigación nace como una continuación de las conclusiones obtenidas de la investigación realizada para la Tesis del Máster Universitario en Gestión y Valoración Urbana, en la cual, *"desde la perspectiva de la investigación básica, se desarrolló una caracterización de crecimiento y estructuración*

que estaban siguiendo las principales áreas metropolitanas españolas (Barcelona, Bilbao, Madrid, Málaga, Sevilla, Valencia y Zaragoza) en el año 2001, para comprobar hasta qué punto el policentrismo coexiste con el crecimiento disperso y monocéntrico” (Tornés, 2011, p. 6). En una segunda fase, se detectaron e identificaron los subcentros de empleo mediante el método funcional del Valor de Interacción a través de los flujos de movilidad obligada (residencia-trabajo). Y por último, mediante la recopilación de bases de datos, se construyeron una serie de indicadores espaciales y modelos, tanto factoriales como de regresión múltiple.

De aquella investigación se obtuvieron dos conclusiones básicas: 1) algunas áreas metropolitanas presentan un mayor consumo de suelo debido a que no tienen políticas de gestión urbanísticas conservadoras y sí expansionistas, y 2) además, en aquellas metrópolis con una gran extensión, la periferia interviene incrementando el consumo de suelo.

La presente tesis doctoral se enmarca dentro de un proyecto más ambicioso del Plan Nacional de Investigación “*¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos sobre la eficiencia de la urbanización*”, proyecto financiado por el Ministerio de Investigación, Desarrollo y Innovación (MINECO ref. CSO-2009-07218), el cual tiene como objetivos principales: 1) verificar hasta qué punto en las siete principales áreas metropolitanas españolas se está generando un sistema policéntrico, 2) identificar la estructura metropolitana en el sentido de caracterizar tanto los subcentros como la jerarquía de interacciones que los relaciona, y 3) estudiar la influencia de los subcentros sobre algunos indicadores de la eficiencia de la urbanización, como la movilidad, el consumo del suelo y la renta del suelo. Asimismo, tiene cierta relación con otro proyecto también del Plan Nacional de Investigación “*El policentrismo revisitado desde la perspectiva del comportamiento espacio-temporal de la población en las principales metrópolis españolas*” (MINECO ref. CSO-2012-33441).

Objetivos de la investigación

El principal objetivo de esta tesis es evaluar a través del análisis tanto teórico como empírico el impacto de la estructura urbana, entendiendo por ésta la forma espacial en

cómo se distribuye la población y el empleo, y sus relaciones funcionales, sobre ciertos indicadores de la eficiencia urbana, en concreto, sobre el consumo de suelo y la movilidad obligada de personas (a efectos laborales).

Desde la perspectiva de la investigación básica, es especialmente adecuado el escenario de las áreas metropolitanas españolas, en tanto parten de modelos compacto-mediterráneos que han ido creciendo por agregación de núcleos poblacionales preexistentes, con una característica mezcla e intensidad del uso del suelo. Por ello se analizarán la estructuración de las principales áreas metropolitanas españolas (Barcelona, Bilbao, Madrid, Málaga, Sevilla, Valencia y Zaragoza) para el año 2001.

En conclusión, lo que se pretende es analizar en qué medida los sistemas policéntricos hacen eficiente la urbanización, en el sentido de reducir y acortar los viajes laborales (*commuting*), a la vez, que minimizan el consumo del suelo, que es uno de los recursos más escasos con el que cuentan nuestras ciudades.

Sería lógico esperar que las áreas policéntricas tuviesen entornos más densos que las áreas monocéntricas, a la vez que potencialmente más sostenibles al ser los subcentros más autocontenidos y al acortar los viajes residencia-trabajo por el hecho de haber más oportunidades de trabajo a lo largo del territorio. Estudiar las interacciones que se suceden a escala metropolitana es vital, en tanto cuanto, un modelo policéntrico sería doble y potencialmente más sostenible que uno monocéntrico, si coadyuvase a minimizar la magnitud y cantidad de los viajes residencia trabajo, y además, propiciase un uso más eficiente del suelo consumido en su entorno, por medio del incremento de densidad, y por el tiempo y diversidad de uso que se hiciese de las áreas urbanizadas.

Hipótesis de la investigación

La principal conceptualización del policentrismo (apartado 1.5.3. del capítulo I) parte de la idea de un desarrollo apoyado en subcentros o núcleos interconectados, que resultan, funcionalmente hablando, complementarios entre sí. Dichos subcentros (apartado 1.5. del capítulo I), pueden producirse a partir de una descentralización

concentrada del empleo y de la población (apartado 1.2. del capítulo I), como alternativa a una descentralización dispersa.

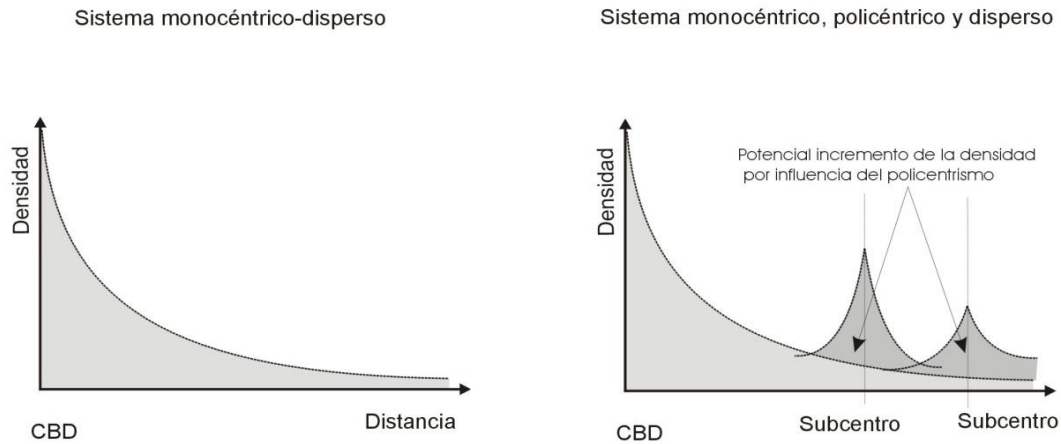
Así, de acuerdo a todo lo antes argumentado, en esta investigación se trata de demostrar las siguientes hipótesis:

1) *Los sistemas policéntricos son potencialmente sostenibles, desde una perspectiva ambiental, al generar territorios más compactos reduciendo el consumo del suelo* (apartado 1.4. del capítulo I).

A partir de la segunda mitad del siglo pasado, los sistemas de crecimiento compacto y continuo, caracterizados por unos límites claros entre la ciudad y el campo, han ido evolucionado hacia sistemas en donde el crecimiento por dispersión de baja densidad ha imperado, haciendo que dicha separación, quede difuminada. Este proceso hacia la extensión territorial, ha provocado que uno de los recursos más limitados, el suelo, se esté consumiendo de manera vertiginosa. Por ello, bajo una perspectiva sostenible, desde las agendas de los planificadores territoriales, se ha propuesto a la estructura urbana policéntrica como una alternativa a la dispersión (Tornés y Marmolejo, 2012).

A modo resumido, estos mismos autores (*op. cit.*) explican que el modelo policéntrico parte de la existencia de ciertos núcleos que están conectados los unos con los otros, en donde se concentra la mayoría de la población y del empleo, siendo estos, además, funcionalmente complementarios entre sí. En el caso extremo de una estructura policéntrica perfecta, toda la población y el empleo estarían distribuidos en su totalidad en los núcleos y en el *Central Business District* (en adelante, CBD), y por tanto, el consumo de suelo *per capita* sería el mínimo. Como la realidad es otra, es decir, las áreas metropolitanas son un conjunto de retales que parten del tradicional modelo monocéntrico, y conviven con organizaciones espaciales policéntricas y dispersas, lo que se pretende saber, es si la existencia de núcleos/subcentros, influye en el consumo de suelo de sus inmediaciones.

Figura 1. Impacto potencial de los subcentros sobre la función de densidad de usos del suelo (inversa del consumo de suelo)



Fuente: Tornés y Marmolejo (2012)

En el gráfico de la derecha de la Figura 1, de arriba, se aprecia que la existencia de subcentros generaría un incremento de la densidad de usos del suelo (inversa del consumo de suelo) en sus entornos, y por ende, una potencial reducción del consumo de suelo *per capita*, además, de que el consumo en ellos mismos sería reducido.

Por tanto, como se ha comentado antes, el objetivo que plantea esta hipótesis, es evidenciar si la reducción del consumo del suelo más allá de los centros se verifica. En definitiva, se trata de comprobar de qué manera la estructura urbana policéntrica influye sobre consumo de suelo, y para ello, conjuntamente se analizarán las variables de control relacionadas con tres ámbitos, el territorial, el económico y el estructural.

2) En segundo lugar, se espera que una estructura urbana policéntrica ofreciese más oportunidades de trabajo a lo largo del territorio, lo cual incidiría en la movilidad laboral (apartado 2.4.4. del capítulo II), de tal manera, que cuanto más policéntricas fueran las estructuras urbanas (1.4.1. del capítulo I), menor lo sería la distancia recorrida desde la residencia al trabajo.

La relación entre uso del suelo y transporte es una constante en todos los modelos urbanos. Los autores Clark y Kuijpers-Linde (1994) ya hablaban sobre la hipótesis de que la estructura urbana de las áreas metropolitanas tiene un impacto sobre la movilidad de las personas al indicar que “el policentrismo es identificado como la forma más eficiente, ya que reduce los tiempos de desplazamiento laboral, y por tanto, los costes. En dicho razonamiento la ciudad monocéntrica se torna ineficiente, como

consecuencia de que el crecimiento urbano produce congestión en las zonas centrales". (Marmolejo y Tornés, 2015b, p.6)

Dicha tesis afirma que el empleo se localiza en los subcentros periféricos y en el CBD, lo que origina que los *commuting* sean más reducidos, debido a que la población también reside, hipotéticamente, en los subcentros o en sus inmediaciones.

La segunda hipótesis, a su vez se ramifica en dos especificaciones:

2.a) En lo particular, si los subcentros del sistema se encuentran balanceados, es decir, tienen un equilibrio entre población y actividad económica (job-housing balance), la movilidad de las personas se verá reducida.

Como ya se ha hablado, se parte de la idea de que la estructura urbana policéntrica reduce los patrones de los desplazamientos laborales, y en concreto, se considera que cuando los subcentros se encuentran equilibrados, es decir, cuando la población ocupada pueda optar por un empleo dentro del mismo o cerca, la movilidad se verá reducida aún más. De este modo, cuando los núcleos no están equilibrados, es decir, el número de personas trabajadoras no puede residir en el mismo subcentro o cerca del mismo porque no encuentra un lugar de trabajo especializado para él, éstas personas se ven obligadas a realizar viajes más largos para encontrar un empleo acorde con su perfil laboral (Cervero, 1989; Giuliano y Small, 1993).

2.b) Si además, son diversos, en cuanto a tipos de vivienda y empleo, entonces la movilidad se verá reducida aún más, debido a la posibilidad de encontrar por parte de la población activa una vivienda y/o empleo que se adapten a su perfil socioprofesional.

Además, no sólo los subcentros equilibrados acortan los desplazamientos laborales, sino que si estos son diversos, en cuanto a oferta de vivienda y actividad económica, los patrones de viajes se acortan aún más, ya que ante esta situación, es más fácil abastecer a todos los perfiles de la población ocupada con una vivienda y un empleo que se ajuste a sus necesidades.

Estructura del documento

La tesis está estructurada en dos partes, una teórica y otra empírica. La primera está desarrollada en los cuatro primeros capítulos y contiene los fundamentos teóricos con respecto a la estructura urbana y procesos de crecimiento de las ciudades (Capítulo I), a la movilidad laboral (Capítulo II), y en particular, el tercer y cuarto capítulo exponen una revisión sobre la literatura publicada que abarca los temas que relaciona la estructura urbana policéntrica con la eficiencia en el consumo de suelo (Capítulo III) y en la movilidad laboral (Capítulo IV). Teniendo como referencia este apartado teórico, se desarrolla el apartado empírico contenido en los siguientes dos capítulos, uno de los cuales contiene la explicación de la metodología (Capítulo V), y el restante (Capítulo VI), la discusión de los resultados de los análisis empíricos, conformados por análisis cuantitativos a nivel metropolitano en los siete casos de estudio tratados.

El capítulo I es la primera parte del marco teórico y se ha estructurado de la siguiente manera; un primer apartado de introducción, un segundo apartado donde se hace una revisión por los autores que han investigado los estudios teóricos sobre la localización industrial y la teoría de la renta del suelo, desde von Thünen hasta Alonso. En tercer lugar, se estudia la clasificación de las economías de aglomeración, a saber, economías de escala, de localización y de urbanización. En el cuarto apartado se abordarán los diferentes modelos de crecimiento urbano monocéntrico, policéntrico y disperso. Y por último, la síntesis del capítulo. En definitiva, en este capítulo lo que se pretende, por tanto, es entender y explicar el funcionamiento de las ciudades y de la relación que existe entre ellas.

En el capítulo II, se desarrolla la otra parte del marco teórico que versa sobre la movilidad, en concreto, sobre la movilidad laboral. En el primer apartado, se aborda el tema del transporte, su evolución y reparto modal. En el segundo, se exponen los factores explicativos de los cambios de la movilidad moderna, repercutiendo estos cambios tanto en las estructuras urbanas, como en la sociedad y en la cultura de la movilidad. El tercer apartado, desarrolla en profundidad el concepto de movilidad, en el que se analizan los tipos y dimensiones de la misma desde el punto de vista territorial, sociocultural y ambiental. En el cuarto, se analizan las diferentes dimensiones de la accesibilidad (física, económica y social). Para finalizar, se desarrolla la última y quinta sección, en la que se tratarán el tema del desarrollo sostenible y los costes de la movilidad actual.

A continuación, en los capítulos III y IV, se elabora una revisión acerca de la literatura que aborda la identificación de subcentros desde el punto de vista de la densidad urbana, en primer lugar, y posteriormente, se analizan los trabajos para la identificación de subcentros de empleo bajo los métodos basados en análisis de flujos de movilidad, es decir, se aborda el estado del arte de las temáticas relacionadas con las hipótesis de investigación. Por último, se intentan resaltar los estudios que se han llevado a cabo en la relación del impacto del policentrismo en el consumo de suelo y en la movilidad laboral.

En el Capítulo V, se explica la metodología para la articulación del apartado teórico con el empírico. Allí se presentan en primer lugar, las fuentes de información y datos para el desarrollo de los análisis cuantitativos; y en segundo lugar, se explican los métodos utilizados en el análisis para comprobar la eficiencia de la urbanización tanto en el consumo de suelo como en la movilidad laboral. Estos métodos incluyen: 1) caracterización de la estructura urbana (determinación de los límites de los sistemas metropolitanos y detección e identificación de los elementos estructuradores: subcentros y centro); 2) caracterización del concepto de policentrismo, a través de los de polinucleación y policentricidad; 3) caracterización del consumo de suelo desde el punto de vista territorial, económico y urbano; y 4) por último, la caracterización de la movilidad laboral, mediante el análisis de ciertos indicadores como son el exceso de movilidad o las distancias recorridas por los trabajadores desde su hogar a su puesto de trabajo. Los métodos usados para el desarrollo de las caracterizaciones son de tipo cuantitativo, fundamentalmente con datos del empleo, población y de patrones de movilidad que muestran las interrelaciones funcionales.

El carácter innovador del proyecto radica en la utilización de métodos cuantitativos, con el concurso de las nuevas tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (en adelante, SIG), la teledetección de usos del suelo, para la detección, caracterización de subcentros metropolitanos y en la elaboración de un análisis de la relación entre la estructura metropolitana con la eficiencia.

El último capítulo, el VI, contiene la discusión de los resultados de los análisis empíricos realizados según lo expuesto en el capítulo de metodología, así como la discusión de estos resultados. Este se desarrolla a su vez en seis apartados. El primero, contiene los resultados de la caracterización de la estructura urbana, en donde se detallan los siete casos de estudio y se identifican los diferentes elementos estructuradores de las áreas metropolitanas que se estudian. En el segundo apartado

se observan los resultados referentes al policentrismo, obteniéndose resultados bien desde la perspectiva morfológica, bien, desde la perspectiva funcional. En la siguiente sección se exponen una serie de indicadores que caracterizan el consumo de suelo a diferentes escalas (territorial, económica, urbana, etc.). El cuarto apartado, mediante una serie de modelos de regresión se observa la relación existente entre la estructura urbana policéntrica y el consumo de suelo. De la misma forma que el apartado tres, el cinco lo que desarrolla es un conjunto de indicadores que ayudan a entender los comportamientos de los patrones de movilidad laboral. Y finalmente, como se ha abordado el capítulo cuatro, el sexto desarrolla desde el enfoque morfológico y funcional la relación existente entre una estructura policéntrica y la reducción en la movilidad laboral mediante modelos de regresión lineal.

La presente investigación se sitúa en el marco del programa de doctorado de Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica, cuyo objetivo principal es el de “fomentar la investigación en el campo de la planificación, la gestión y la evaluación de la arquitectura, la ciudad y del territorio, así como de abordar la problemática territorial, urbana e inmobiliaria desde una perspectiva interdisciplinar”. En concreto, esta tesis se sitúa en torno a tres de las cinco líneas de investigación de dicho programa, estas son: 1) Planificación Urbana y Territorial; 2) Gestión de la Ciudad y el Territorio; y 3) Tecnologías de la Información aplicadas al Análisis Territorial y Urbano.

Finalmente, cabe decir que ciertos resultados de investigación derivados de esta tesis, en el marco de los proyectos de investigación antes mencionados, han sido ya publicados o están en proceso de hacerlo en revistas indexadas y revisadas. A continuación se detallan el conjunto de estos trabajos:

Artículos

1. Marmolejo, C. y Tornés, M. Does polycentrism reduce land consumption? An analysis of the largest metropolitan systems in Spain. Revista: Review of Urban y Regional Development Studies (RURDS). (*En segunda evaluación*)
2. Marmolejo, C. y Tornés, M. (2016) The influence of urban structure on *commuting*: an analysis for the main metropolitan systems in Spain. Revista: Procedia Engineering (accepted)
3. Marmolejo, C., Ruiz, N., Tornés, M. (2015a) ¿Cuán policéntricas son nuestras ciudades? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. Revista: Ciudad y territorio, 186, p. 679-700.

4. Marmolejo, C. y Tornés, M. (2015b) ¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. Revista: Scripta Nova, 500, p. 1-30.
5. Marmolejo, C; Ruíz, N. y Tornés, M. (2013) Is the polycentrism a desirable feature in the construction of sustainable residential environments? Revisiting its conceptualization from the travel-to-work perspective: an analysis for the biggest metropolitan areas in Spain. Libro: Tomorrow's house and estate. Part One. *Housing Environment - Srodowisko Mieszkaniowe*. Cracow University of Technology. p. 99-108.
6. Tornés, M. y Marmolejo, C. (2012) ¿Reduce el policentrismo el consumo de suelo urbanizado? Una primera aproximación para las siete áreas metropolitanas españolas. Revista: ACE: architecture, city and environment = arquitectura, ciudad y entorno, 18, p. 191-212.

Congresos

7. Marmolejo, C. y Tornés, M. (2016) The influence of urban structure on *commuting*: an analysis for the main metropolitan systems in Spain. Urban Transitions Global Summit 2016. Shanghai, CHINA.
8. Marmolejo, C. y Tornés, M. (2013) Using GIS and Teledetection data to assess mobility and land consumption in polynucleated landscapes. International Conferences on Geological, Geographical, Aerospace and Earth Sciences. Jakarta, INDONESIA.
9. Marmolejo, C; Ruiz, N. y Tornés, M. (2013) Is the polycentrism a desirable feature in the construction of sustainable residential environments? Revisiting its conceptualization from the travel-to-work perspective: an analysis for the biggest metropolitan areas in Spain. 4th International Scientific Conference Chair of Housing Environment. Zakopane, POLONIA.
10. Tornés, M. y Marmolejo, C. (2013) ¿Influye la estructura urbana sobre la movilidad laboral? Un análisis para las siete principales áreas metropolitanas españolas. 9º International Conference on Virtual Cities and Territories. Roma, ITALIA.
11. Ruiz, N., Marmolejo, C. Y Tornés, M. (2013) Measuring functional polycentricity for the analysis of structural places. The case of the seven principal metropolitan areas in Spain. 53rd European Regional Science Association Congress. Palermo, ITALIA.

12. Marmolejo, C. y Tornés, M. y (2012) Does polycentrism reduce land consumption? An analysis for the biggest metropolitan systems in Spain. 8º International Conference on Virtual Cities and Territories. Río de Janeiro, BRASIL.

Capítulos de Libro

13. Marmolejo, C.; Cerda, J. y Tornés, M. (2016) El estudio de la estructura urbana desde el punto de vista de la movilidad de la población en el territorio. En el libro: *Imaginarios de la movilidad*. Ed. Benito Narváez Tijerina. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. (*en imprenta*)

PARTE TEÓRICA

Capítulo I

Marco Teórico de la Estructura Urbana

Tanto la población como las actividades productivas han experimentado a lo largo de la historia un doble proceso de crecimiento y de redistribución. A su lado, se han ido construyendo equipamientos e infraestructuras que los apoyan y permiten su interrelación, los cuales han ido evolucionando en función de las distintas localizaciones de las actividades y la población.

En los últimos sesenta años, físicamente, estos procesos de ocupación se han traducido en un elevado consumo de suelo, en una ocupación extensiva. También conocidos como dispersión, son caracterizados por ser crecimientos importantes de población y de empleo, fragmentados y discontinuos, ubicados en municipios pequeños, alejados del centro de los sistemas urbanos y de la red de comunicación principal (ferroviaria y viaria). Es decir, no solo se ocupa el suelo de modo más extensivo sino que, además, este proceso de disminución de la densidad urbana va acompañado por otro de dispersión, en que los nuevos asentamientos rompen la contigüidad con los tejidos urbanos existentes. Esta dispersión no únicamente aumenta el suelo efectivamente ocupado, sino que multiplica al mismo tiempo, la necesidad de infraestructuras de comunicación que conecten las nuevas áreas.

En este capítulo se abordan los elementos fundamentales para entender las estructuras urbanas de nuestras ciudades. Estos componentes son principalmente la localización de cada actividad respecto de las demás y la densidad de ocupación del espacio.

El objetivo en último fin es el de comprender los fundamentos teóricos sobre la estructura urbana y el consumo de suelo que han tenido nuestras ciudades hasta el día de hoy.

La estructura del capítulo se compone de un primer apartado de introducción. En segundo lugar, se hace un repaso por los autores que han investigado los estudios teóricos sobre la localización industrial, desde von Thünen hasta Alonso. A continuación, se estudia la clasificación de las economías de aglomeración, a saber,

economías de escala, de localización y de urbanización. En el cuarto apartado, se abordarán los diferentes modelos de crecimiento urbano monocéntrico, policéntrico y disperso. Y por último, se desarrolla una breve síntesis de los conceptos desarrollados en el capítulo.

1.1. Introducción

En la actualidad, la configuración de las ciudades está en continua transformación, desde los centros rurales hasta las presentes ciudades, no han cesado de modificar su morfología. Este cambio transformador a veces desorganizado, caótico, otras ordenado, pautado, ha ido creando tipos y formas de ciudades por un lado, y de no-ciudades, por otro. La ciudad tradicional, encerrada en sus muros medievales y “construida” por sus ciudadanos, cada vez se extiende y diluye más sobre el territorio, llegando a perder esos límites tan marcados a los que siempre se había aferrado y pasar a ser una ciudad anónima, una no-ciudad. La ciudad actual se caracteriza por tener unos límites dinámicos, su frontera son las redes de transporte que unen las periferias de diversas ciudades como si de perlas de un collar se tratasen. Como dicen García y Gutiérrez:

“La metrópoli actual presenta rasgos propios que la convierten en una estructura significativamente distinta a la metrópolis moderna y fordista. Frente a la dominancia de la ciudad central característica de las áreas metropolitanas tradicionales, la descentralización ha producido nuevas centralidades en la periferia, que modifican los antiguos desequilibrios funcionales (centro-periferia) para crear otros nuevos a una escala de mayor detalle (nuevas centralidades-espacios residenciales)”. (García Palomares y Gutiérrez Puebla, 2007, p. 5)

Marmolejo (2004) se plantea la siguiente pregunta, dándole su debida respuesta tal y como se cita a continuación:

“¿Pero qué es la estructura urbana? En una aproximación minimalista, podríamos decir que es la forma resultante del proceso de autoorganización espacial de las actividades dentro de un sistema urbano. Dicha estructuración puede ser caracterizada por tres elementos fundamentales: Función, es decir la actividad realizada en cada coordenada espacial (trabajo, residencia, ocio, etc.).

Comportamiento locativo, o la forma relativa de emplazamiento de cada actividad con respecto a las demás. Forma, la modalidad tridimensional de ocupación del espacio que puede ser expresada a través de la densidad". (p. 150)

Otra definición sobre el concepto de estructura urbana es la planteada por García-López (2006), en su tesis doctoral que dice así:

"Por estructura espacial de una metrópoli se entiende la distribución de los agentes económicos (familias y empresas), sus condiciones de densidad y las infraestructuras de transporte". (p. 22)

Poco a poco la localización, tanto de las viviendas, como de las actividades productivas, está sufriendo el mismo fenómeno de descentralización por diversos motivos. El primer motivo, para obtener la reducción de los costes de la vivienda ya que el precio del suelo en la periferia es más económico; el segundo, es que las viviendas que se ubican alejadas del centro, están caracterizadas por tener una mayor privacidad y beneficiarse de la amplitud que no podrían obtener si se encontrasen en el centro de la ciudad. Las consecuencias negativas a este fenómeno, grosso modo serían dos; una sería el consiguiente consumo de suelo y la baja densidad de la nueva tendencia residencial y otro sería también a nivel medioambiental, que a mayor distancia, mayores desplazamientos y mayores costes de transporte (Simón y Hernández, 2009; Muñoz, F. 2007).

1.2. Estudios sobre la localización de las actividades económicas y factores de crecimiento urbano

Las teorías clásicas de localización permiten comprender la funcionalidad y las centralidades de un área metropolitana, es decir, su estructura. Es por ello que para explicar las dinámicas de la distribución de los usos del suelo se analizarán algunas teorías tradicionales sobre la ubicación de la industria, lanzadas ya en el siglo XIX y principios del XX.

La industria de una región es el factor que misura el nivel de riqueza de la misma, a la par que es el motor económico y fuente de puestos de empleo. Este nivel se rige en función del tamaño y número de las empresas que se encuentran en la región. Debido

a la importancia y poder estructurador del sector productivo, se han desarrollado cuantiosas teorías que tratan de explicar los motivos de la elección de la ubicación de dicho sector y si la ubicación es un factor determinante para el éxito de las empresas.

El origen de estas teorías data a finales del siglo XIX coincidiendo con la aparición de los avances tecnológicos en el transporte y en los medios de comunicación, condicionantes que favorecen que las empresas opten por localizaciones alternativas para mejorar el rendimiento del proceso productivo. De esta manera, bajo la visión de algunos autores, surge un componente determinante a la hora de establecer la localización de las industrias, este factor es la distancia, expresada en costes de transporte.

Los factores de crecimiento están muy ligados en la economía urbana al concepto de aglomeración, es por ello, que primero se analizarán los factores, a continuación, se profundizará en una clasificación y análisis de las economías de aglomeración, y posteriormente se plantean los diferentes modelos de crecimiento metropolitano.

Entre las teorías que más claramente asocian el territorio, y en particular la estructura urbana, con el desarrollo y crecimiento económico, se encuentran los modelos de lugar central, intentando establecer los lugares óptimos en donde localizar la actividad económica. Los modelos de lugar central se engendran en Alemania entre la primera y la segunda mitad del siglo XX con los trabajos de Christaller (1933), Lösch (1940), y son a su vez los continuadores de los modelos de von Thünen (1896) y Weber (1909). No obstante, su desarrollo terminado no se verá hasta mediados de siglo con los trabajos de Marshall (1920) y Hotelling (1929).

Según Camagni (1994), las características económicas básicas del modelo inicial no han cambiado en lo sustancial. Estas características remanentes son las siguientes:

- Son modelos elaborados a partir de la observación de regiones agrarias tradicionales.
- Ordenación jerárquica de las relaciones entre unidades urbanas.
- La geometría toma un lugar relevante en el modelo. Esta característica se va diluyendo en las elaboraciones más recientes.
- Prevalece la perspectiva de demanda.
- La escala de la empresa y la dimensión de la unidad urbana son determinantes. La distancia y los costes de transporte tienen una influencia determinante.

Asociados a estas características, los modelos de lugar central presentan una serie de limitaciones importantes:

- La geometría toma un lugar demasiado relevante en la explicación de la localización de la actividad, dados los recursos, los mercados y las hipótesis de partida ideales (Krugman, 1992).
- Existe la posibilidad de que la configuración de rangos y la geometría espacial sean espurias. Una de las características de los modelos de lugar central que más ha llamado la atención es la relación geométrica entre economía y espacio, parece cumplirse en muchas ocasiones en el mundo real.

Por todo esto, en el modelo urbano se pretende reconocer los principales factores que lo configuran. Según Crespo (2012), los factores que determinan la morfología urbana, se pueden clasificar en base a su naturaleza, en diversos condicionantes:

- Factores locativos: como pueden ser los factores físicos y geográficos; los abordados por la economía urbana (accesibilidad), los estudiados desde la ciencia regional (economías de aglomeración), factores de estructura social y de externalidades ambientales y urbanas.
- Factores sociales y culturales: factor de demanda habitacional y factores de identidad socioespacial (culturales)
- Factores políticos: de reincentivación económica, de conservación patrimonial, etc.
- Determinismo histórico
- Régimen de la propiedad
- La legislación, la cual determina y regula el proceso de configuración urbana

La aglomeración, el potencial de mercado y el crecimiento acumulativo, son ideas que se han acuñado con la intención de dar una explicación teórica a las conformaciones urbanas, ya que las teorías hasta entonces desarrolladas, no lo han conseguido, a pesar de haber sentado las bases de la localización de la población y las actividades económicas.

En el primer punto de esta tesis se ha analizado cómo las ciudades han ido evolucionando tanto en escala como en la configuración de la estructura urbana, es por ello, que en paralelo a estos cambios va apareciendo un grupo de estudiosos que intentan dar una explicación a esta evolución que han sufrido las ciudades. Las investigaciones y análisis que van a ir surgiendo se podrán dividir en dos bloques; por

un lado estarían los que se encaminan por la rama de la economía urbana y otros que se encauzarían por la rama de la ciencia regional. Marmolejo (2004) define estas dos ramas de la siguiente manera:

- La economía urbana en la que en función de la accesibilidad se busca explicar la renta del suelo, los usos del suelo, así como la densidad de los usos.
- La ciencia regional, la cual basa su explicación fundamentalmente en las ventajas y también en las desventajas de las economías de aglomeración.

1.2.1. Teorías de la localización abordados desde la perspectiva de la Economía Urbana

Richard M. Hurd, es considerado como el padre de la economía urbana. Señalaba alrededor de 1924, que las diferentes maneras de formar una estructura urbana en una ciudad, depende de los condicionantes exógenos del entorno natural.

Al inicio de la estructuración de la ciudad, cada porción de tierra se destina al uso que más conviene productivamente, es decir, invertir el mínimo esfuerzo u obtener el máximo beneficio de ella (condicionantes exógenos), sin embargo, a medida que la ciudad va evolucionando, se va expandiendo, y se introducen cambios tecnológicos, el uso que se le da a cada porción de tierra, cambia (condicionantes endógenos). Es decir, que las externalidades ambientales originales a ese territorio, se modifican, sustituyen o complementan con las externalidades de los agentes que residen en ese territorio.

El ejemplo más representativo de los cambios tecnológicos acontecidos en la estructura urbana se dio con la Revolución Industrial, donde se definieron las directrices de cómo reordenar las urbes. A continuación, llegó la Segunda Revolución Industrial, en donde se volvieron a transformar la estructuración de las ciudades para dar paso a la ciudad neotécnica, en la que el uso de la electricidad y los transportes rodados sustituyeron al carbón y al ferrocarril de las antiguas ciudades paleotécnicas. (Marmolejo, 2004)

Antes de pasar a analizar los dos modelos que se han estudiado en relación a la economía urbana, hay que señalar que:

“Un hecho fundamental que define la economía urbana ... es que valora al trabajador urbano también como residente que consume, vota, habita, se recrea y esparce, contamina, se relaciona con los demás, se desplaza ...; a la empresa como generadora de bienes y servicios de provecho para los ciudadanos - consumidores y al sector público como organismo que abastece de servicios esenciales (educativos, recreativos, deportivos, culturales, sanitarios, de protección y seguridad) a la población urbana” (Hirsch, W. Z., 1977, p. 22). A diferencia de la economía espacial que está relacionada con la localización y el crecimiento económico.

El modelo para la asignación de usos agrícolas de von Thünen

Johann Heinrich von Thünen (1826), fue el fundador del primer modelo de la localización de usos agrícolas de la economía urbana con el que estableció los cimientos para el estudio de la localización de los usos urbanos. Thünen se basa en la hipótesis de que el hombre intenta satisfacer sus necesidades económicas en el entorno inmediato, reduciendo sus desplazamientos al mínimo.

El modelo se caracteriza por tener un centro en donde se ubica el mercado, donde se comercian tanto productos agrícolas como ganaderos provenientes de los alrededores. Debido a la singularidad e importancia de este lugar, en él es donde residen las rentas de suelo más elevadas y conforme aumente la distancia al centro, las rentas irán reduciendo su valor, por lo que se obtendrá una gráfica con una curva con pendiente descendiente. Dicho punto central, el mercado, estará circundado por otras zonas en donde se irá localizando un cultivo específico. De este modo, en términos económicos las zonas que se sitúan más próximas al centro tendrán rentabilidad mayor. De manera que la variación en el coste de transporte irá en aumento según nos alejemos del centro, así como en el precio de cada cultivo que irá reduciéndose conforme nos alejemos del centro. Todo ello influirá en la predisposición de pago por un suelo mejor ubicado, siendo el uso del suelo condicionante de la renta del suelo.

Como Crespo (*op. cit.*) enumera, este modelo parte de los siguientes supuestos:

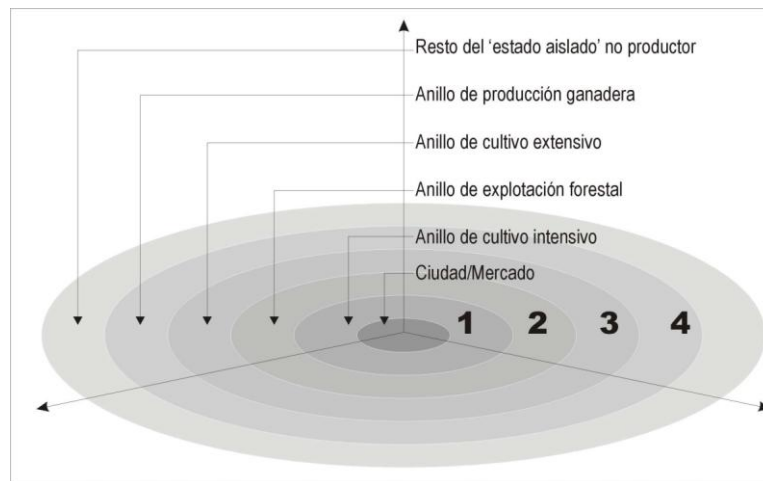
- Un territorio aislado, autosuficiente y sin influencias externas. Homogéneo en topografía, fertilidad y clima, de manera que la productividad y los costes de producción son uniformes. Sin barreras naturales (ríos, lagos, montañas), ni administrativas. Sin carreteras, donde los productos son transportados por los

agricultores mediante carreteras, suponiendo que el coste de transporte es el mismo por unidad recorrida y el mismo en todas direcciones.

- Una ciudad ubicada al centro, la cual figura como foco de consumo y mercaderías, de los productos agrícolas del entorno.

En el modelo de von Thünen, los usos se van asignando de la manera que se muestra en la Figura 2:

Figura 2. Asignación de usos del suelo del modelo de von Thünen



Fuente: Marmolejo (2004)

En primer lugar, en la zona central, está la ciudad que es el mercado de consumo de los productos agrícolas. Seguidamente, en el anillo más cercano al centro se encuentran las áreas en donde se producen productos perecederos que han de incorporarse rápidamente al mercado (zonas de cultivo y ganadería intensiva) que deben acceder rápidamente al mercado (*p.e.* Fruta, vegetales y leche). En el segundo anillo se localiza la ciudad de carbón para la calefacción y la cocción, ya que en esta zona se sitúan las áreas de explotación forestal. La producción es próxima a la ciudad ya que el coste del transporte de un material pesado en un territorio sin carreteras era elevado. En el tercer anillo se localiza la producción de productos no perecederos (granos), situados en zonas de cultivo extensivo y después se ubican las zonas de explotación forestal ya que es más económico transportar granos que no leña. A continuación, en el cuarto anillo se localizan las zonas de producción ganadera (carne) ya que la crianza de los animales puede estar más alejada que los cultivos. Por último, según Thünen, tras el cuarto anillo no debería haber cultivo o crianza de

ninguna especie, ya a que el coste del transporte es tan elevado que no hace viable la instauración de ninguna actividad productiva.

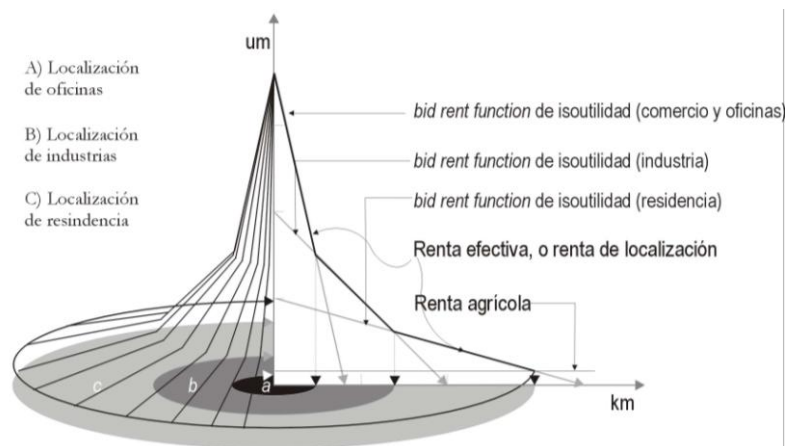
Modelo de localización urbana de Alonso

William Alonso, economista y arquitecto argentino presentó en 1964 su modelo de renta ofertada. Dicho modelo desarrolla la versión urbana del modelo agrícola de von Thünen (*op. cit.*) en donde aporta nuevos puntos de vista con la utilización de herramientas de microeconomía neoclásicas. La primera novedad será que la función de renta explicada por los costes de transporte según la distancia es sustituida por otra función de renta, explicada ésta por el ingreso neto y el nivel de utilidad fijo (Fujita, 1989); considerará que los ingresos dependerán de la distancia, es decir, cuanto más cerca se esté del centro, mayores ganancias se obtendrán. De este punto se desarrolla el segundo supuesto, en el cual Alonso visualiza el espacio como un distrito central de negocios (CBD) a partir del cual se establecen los usos del suelo de forma concéntrica. El tercer supuesto es que la concesión de suelo vendrá en función del uso, pudiendo ser comercial, residencial, de consumo o producción. También dependerá del valor de la renta, que irá disminuyendo conforme se aleja del centro (CBD). Y por último, Alonso replantea la teoría de la localización, ya que hace una distinción entre las unidades productivas (industria) y las residenciales. Los demás principios de homogeneidad de suelo y competencia perfecta que existían ya en el modelo de von Thünen los mantendría.

Desarrolló este modelo para asignar una distribución espacial al área de uso residencial, industrial y agrícola, en torno a un centro (CBD). Por tanto, quien se localice más cerca del centro tendrá mayor disposición a pagar por el uso del suelo que ocupará. O expresado de otro modo, cuanta más distancia exista al CBD el valor de la renta será menor.

Alonso determina la localización por usos del suelo según las curvas de renta ofertada de cada sector económico (Ramírez, 2008). Dicha localización se puede observar en la Figura 3.

Figura 3. Teoría de las rentas de accesibilidad-localización de Alonso



Fuente: Marmolejo (2004)

La localización se establece siguiendo el orden que se observa a continuación:

- La curva del comercio y oficinas, tiene una pendiente muy empinada por lo que conforme aumenta la distancia, las ventas y oportunidades de negociar disminuyen considerablemente, teniendo en cuenta que estos usos ocuparán las localizaciones centrales.
- El sector industrial, se localizará tan próximas al centro como su predisposición de pago sea mayor que la de la curva del comercio y las oficinas. La localización óptima para las empresas encuentra su límite en el punto donde se reducen al máximo los costes de transporte (Isard, 1962).
- La curva de la residencia se situará tras la curva de la industria, dividida en función al nivel económico, de modo que los que puedan asumir los costes de transporte se localizarán en los lugares más apartados con respecto al centro, consiguiendo un mayor nivel de bienestar con bajos valores del suelo y mayor espacio.
- Y por último, el sector agrícola, cuya pendiente de la curva es cero, indica la independencia a la distancia al centro, es decir, este sector sólo va ligado al rendimiento de la explotación.

1.2.2. Teorías de localización abordadas desde la perspectiva de la Ciencia Regional

Walter Isard fundó la Ciencia Regional, a mediados de los años 50. Este profesor del instituto tecnológico de Massachusetts desarrolló esta doctrina bajo ciertos enfoques. Es un campo de estudio interdisciplinar que se ha desarrollado en el transcurso de los años 50. Fusiona las teorías de localización de actividades económicas, de comportamiento espacial e interacción y de crecimiento y desarrollo regional en una sola teoría. Para ello utiliza una serie de métodos y modelos espaciales, incluyendo las estadísticas espaciales, la econometría espacial y la simulación y predicción espaciales. Como se puede observar, estas teorías y aplicaciones se convierten en útiles herramientas analíticas para llevar a cabo cuestiones sobre política pública, planificación territorial, etc.

Teoría convencional de localización de Alfred Marshall

Alfred Marshall, economista inglés conocido como el padre de las economías de aglomeración, si bien no es verdad, ya que fue Alfred Weber (1909) el primero en hacer referencia a ellas. Sin embargo, fue Marshall (1920) quien percibió algunos problemas espaciales a las antiguas teorías de localización industrial y será quien profundice en el concepto de la concentración espacial de actividades económicas para reducir costes de producción, generar servicios especializados, atraer actividades complementarias y fomentar la innovación tecnológica. Dicha concentración, nominada por el autor (Esqueda- Walle, 2013) como distrito industrial¹, se ubicará dentro de un marco de competencia perfecta.

Posteriormente, Marshall se puso su atención en la noción de eficiencia, presumiendo que a mayor especialización mayor eficiencia. Promulgó que las pequeñas y medianas empresas también pueden beneficiarse de las economías de escala al estar

¹ “... empresas del mismo sector o relacionado por el proceso productivo que genera una atmosfera industrial benéfica para el resto. Entonces, la cercanía propiciaba la difusión tecnológica, mano de obra especializada, progreso tecnológico entre las empresas....”

localizadas dentro de un distrito industrial. Este razonamiento, hasta el momento sólo había sido conferido a las grandes empresas. De este modo, planteó la idea de que los procesos industriales pudiesen fragmentarse en distintas fases en donde cada una fuese producida por una empresa diferente y con un alto grado de especialización, obteniendo de esta manera un alto grado de eficiencia productiva. El concepto de eficiencia productiva concluye con una producción altamente especializada, ya que la cadena de producción se realiza mediante la división del proceso productivo en diferentes y pequeñas empresas especializadas y con una mano de obra cualificada.

Una vez asumido que las empresas medianas y pequeñas también pueden beneficiarse de la eficacia del proceso productivo, Marshall distingue en las economías de escala dos tipos de economías. Las internas y las externas. Esta clasificación desarrollada por Hoover (1937), se extenderá con mayor detalle en el próximo apartado de economías de aglomeración.

Marshall identificó tres causas que favorecen la agrupación de la actividad industrial en un lugar (Esqueda- Walle, 2013):

- Mercado de trabajo;
- Proveedores especializados;
- Difusión tecnológica (Spillovers)

La combinación de las tres fuentes *Marshallianas* de economías de escala es lo que se designa como economías de localización o *marshallianas*, que como se analizarán un poco más adelante, son externas a la empresa e internas a la industria.

Teoría neoclásica de la localización de Weber

Como analiza Marshall (*op. cit.*) a finales del siglo XIX, la coexistencia espacial de las empresas, permite que éstas compitan y se complementen entre sí, generando unas unidades que tienen un impacto positivo en sus beneficios. Esta base conceptual vendrá a explicar el patrón de localización que seguirán las actividades económicas de carácter no agrícola, la cual será la base para el desarrollo de la Teoría Neoclásica de la Localización de Webber (1929).

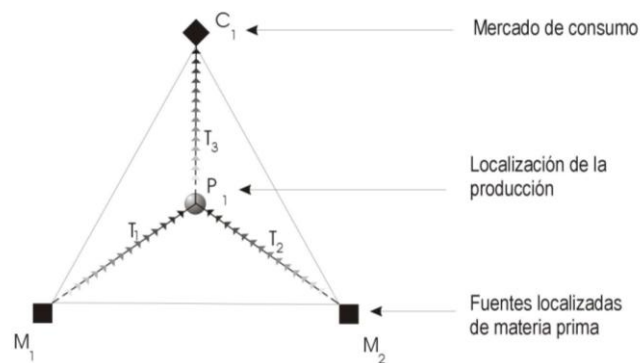
El autor se plantea descifrar las fuerzas que motivan a los empresarios a elegir el emplazamiento de sus firmas. Weber entiende la localización como la distribución espacial en el territorio de unas actividades económicas, la cual responde a la confluencia de unos factores de localización. Pero el comportamiento locativo de las unidades de producción puede tener dos escalas, una macro, que determina la localización interregional, y otra, micro que involucra un análisis intrarregional. Weber clasifica los factores locativos en dos categorías:

- Factores locativos primarios: son los que condicionan la toma de decisión entre la localización de una empresa en una región u otra y son de dos tipos:
 - Costos de transporte
 - Costos de mano de obra
- Factores locativos secundarios: son los que actúan una vez que las actividades de producción han sido distribuidas en la región. Estos factores son de dos tipos:
 - Factores de aglomeración
 - Factores de desaglomeración

De tal modo que Weber asienta las bases de la Teoría Neoclásica de la Localización sobre tres pilares básicos: la accesibilidad, el mercado de trabajo y la aglomeración.

Tal y como expresa Marmolejo (2004), en la Figura 4 “se observa el triángulo de localización, el cual está compuesto en dos de sus vértices por dos fuentes localizadas de materia prima (M_1 y M_2) y en el otro por el mercado de consumo de los productos (C_3). Dentro de este triángulo se debe localizar la producción (P_1), bajo el criterio de minimización de costos de transporte P_1 se localizará en el punto en el que se minimice la suma de T_1 , T_2 y T_3 ”. (Marmolejo, 2004, p. 345)

Figura 4. Punto de mínimo coste de transporte



Fuente: Marmolejo (2004)

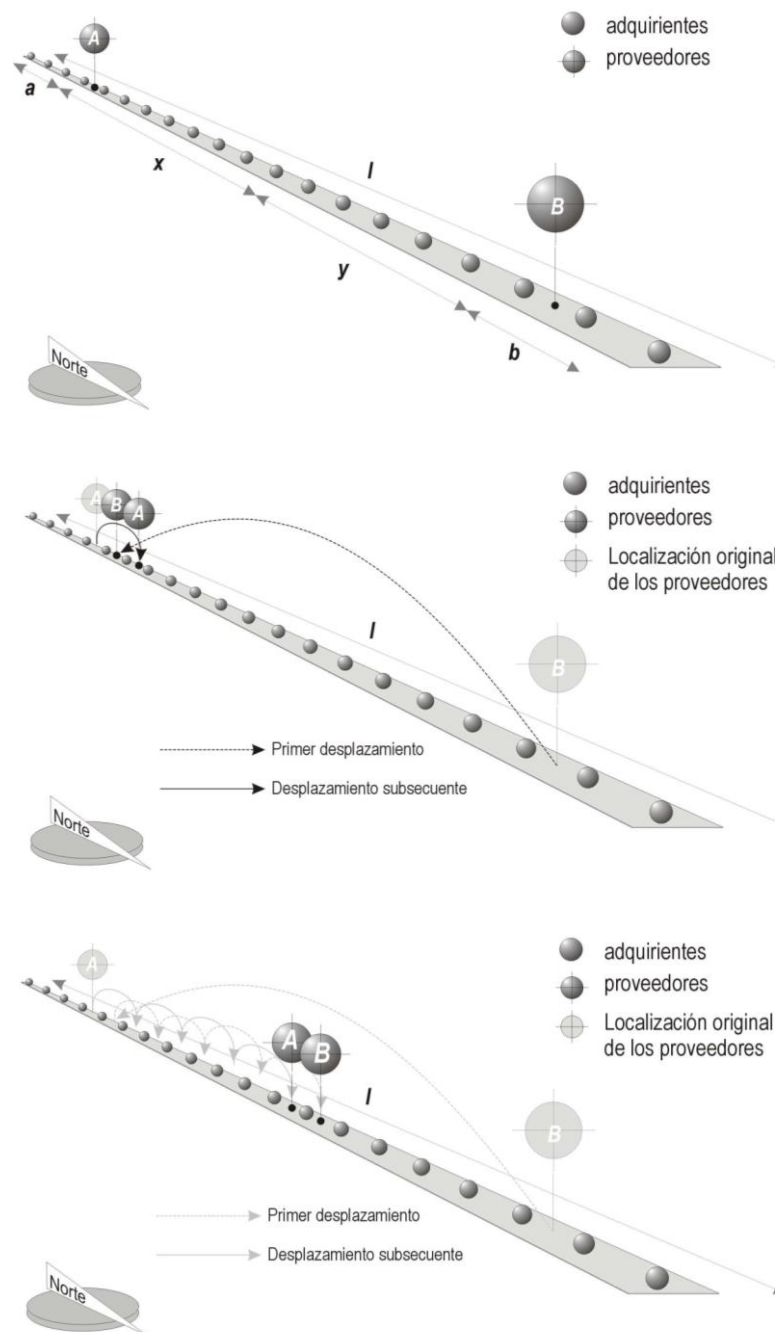
El modelo de competencia espacial de Hotelling

Harold Hotelling, matemático y estadístico se interesó por las relaciones entre la formación de precios, las áreas de mercado y la localización. En una de sus teorías, junto con otros autores, afirman que el equilibrio locacional implica forzosamente la concentración de los productores en un solo punto. Es parte fundamental en la teoría de la organización industrial.

La teoría original de la interdependencia locacional es de Hotelling (1929), quien presupone dos empresas y un mercado lineal, donde están distribuidos uniformemente los clientes, los cuales obtienen una unidad de producto en cada periodo de tiempo. Los productores, A y B, generan un bien uniforme y los costes de producción iguales en todos los puntos. Para los compradores, la diferencia de precios es la distancia que tienen que recorrer para adquirirlos. Los costes de transporte son homogéneos en todos los puntos, la demanda es totalmente inelástica y la relocalización es instantánea y gratuita. Las empresas compiten en precio y localización.

Descriptivamente Duch (2005), explica el procedimiento por el que A y B se ubican en una localización concreta mediante la Figura 5 y los apartados explicativos:

Figura 5. Territorio lineal ideado por Hotelling



Fuente: Marmolejo (2004)

Las empresas están ubicadas en los límites del mercado, puntos A y B del gráfico y debido a su localización inicial, abarca cada uno una parte del mercado.

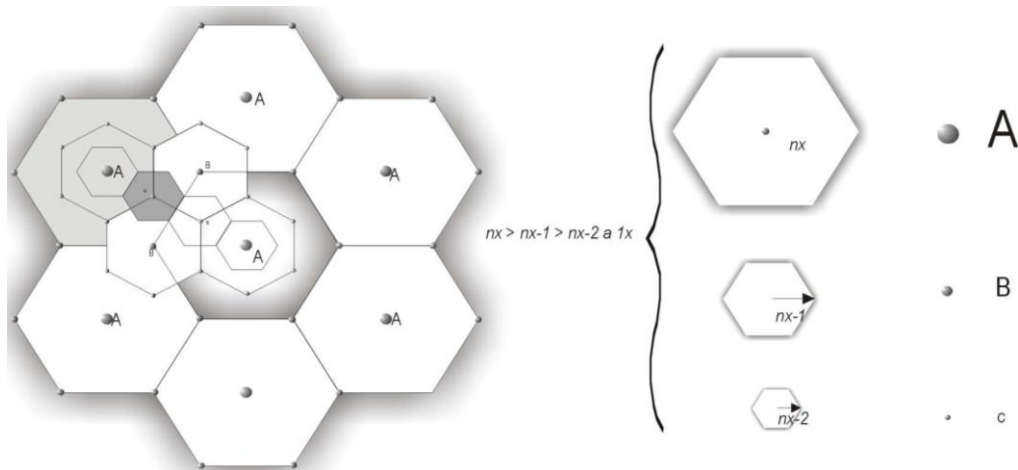
- Debido a la libertad de movimientos, B se desplazará lo más cerca a A, de ese modo, aumenta su mercado “privado” que está a su izquierda.
- Obviamente, A tenderá a hacer lo mismo donde controla la zona de mercado que antes le pertenecía a B.
- A y B se moverán hasta ubicarse los dos en el centro del mercado, suministrando cada uno su parte correspondiente.
- Sin embargo, si A y B se establecieran dejando cierta distancia entre sí, dichas localizaciones minimizarían los costes de transporte de los clientes y, por ende, se reduciría el precio de venta.

Teoría del lugar central de Christaller

En 1933 aparece la primera aportación de la ciencia regional, de la mano del alemán Walter Christaller y que continuará August Lösch (1940). La teoría del Lugar Central representó un progreso concluyente en la perspectiva teórico de estos estudios. Se plantea bajo un enfoque orientado a los servicios (comercio) y no a la industria como había sido la tendencia hasta el momento. El planteamiento inicial se ubica en un entorno rural, en donde los agricultores deben desplazarse a las ciudades para abastecerse, dicha ciudad tiene un *hinterland* cuyo tamaño irá en función del tamaño de la ciudad. En este sistema de ciudades, el nivel de importancia de cada una de ellas viene marcado por la demanda que hagan los agricultores de los bienes y servicios que las ciudades proporcionan. De tal modo que cuando estos bienes y servicios son especializados, la ciudad que los oferta es considerada como lugar central de máxima importancia, y que abastecerá a los lugares secundarios, de menor importancia y también conocidos como subcentros. El autor pretendía que esta estructura de jerarquías ocupase todo el territorio y es por ello que el área de mercado, en vez de tener una configuración circular, se desarrolla bajo patrones hexagonales. La visión de Christaller suponía dar un giro completo a la manera de afrontar el problema.

El tamaño del área de mercado de los lugares centrales y los lugares secundarios, está correlacionado con la densidad de su población y específicamente con su nivel adquisitivo, y es por ello que *hinterland* de un lugar central puede sustentar un compendio de lugares secundarios (subcentros), ya que los bienes ofertados pueden ser de diversa índole (Figura 6) (Marmolejo, 2004).

Figura 6. Conformación de la jerarquía de los centros



Fuente: Marmolejo (2004)

En la Figura 6 de arriba, se aprecia que la configuración del área de mercado adopta una configuración hexagonal. El hexágono se convierte en la geometría ideal para el área de mercado, porque concentra el mayor número de clientes posibles para cada productor, el cual se situará en el centro de cada hexágono, minimizando de ese modo los costes de transportes y maximizando los beneficios.

Tal y como expresa Boix (2003) en la ecuación (1), el tamaño de ciudad (P_m) que usa Christaller de orden m , es proporcional a la población que sirve (área de mercado H_m) y a una constante de proporcionalidad (K):

$$P_m = H_m K \quad (1)$$

Modelo localización industrial de August Lösch

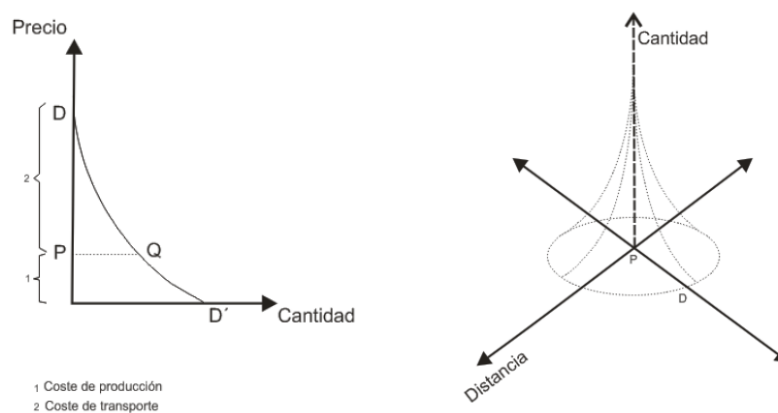
Como se ha citado con anterioridad, la teoría de Lugar Central no acaba en Christaller sino que August Lösch (1940) aplicó las aportaciones ya realizadas y formaliza el modelo para el caso específico de la localización industrial.

Richardson (1986) recoge la idea de la “región económica ideal” que según Lösch, equivale a una concentración espacial en donde todas las redes tengan un centro de producción común. Finalmente el autor llega a la conclusión de la concentración

espacial de las actividades, aunque lo que pretendía era el reparto uniforme de las unidades productivas y de la población a lo largo de todo el espacio. (Torral, 2001)

En relación a la Figura 7, la curva de demanda de ese bien en particular se representa con la curva DD'. Los consumidores que viven al lado de la fábrica (P) comprarán Q unidades del bien, mientras que conforme nos alejamos de la fábrica (P), la demanda se reducirá debido al aumento de los costes de transporte y, por tanto, del precio. Para concluir en el punto D con una demanda igual a 0, estableciendo de este modo el límite del área de mercado.

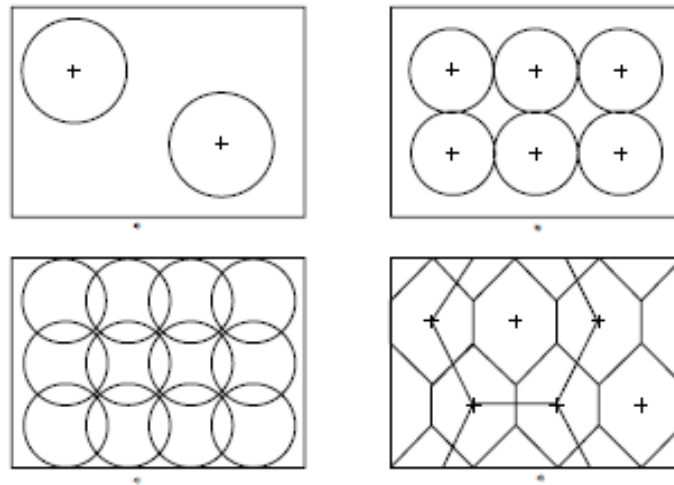
Figura 7. Cono de demanda



Fuente: elaboración de Santos (2013) a partir de Silva Costa y Nijkamp (2009)

La Figura 8 representa el proceso por el que se obtienen las áreas de mercado hexagonales: “en la parte A, se encuentran dos empresas, pero existe todavía mucho espacio por cubrir, lo que permite la aparición de nuevas empresas que, como se muestra en B, el número de centros de producción, se incrementará hasta que todo el espacio esté cubierto. Sin embargo, todavía quedan algunos espacios libres, por lo que las áreas de mercado de las diferentes unidades de producción, se solaparán unas con otras, como se muestra en C, los consumidores ubicados en la intersección de las áreas de mercado se abastecerán del mercado más próximo, minimizando así sus costes de transporte, salvo aquéllos para los que la distancia a los diferentes mercados sea la misma, los que serán indiferentes entre uno y otro. Finalmente, en D, se muestra la formación de las áreas hexagonales a partir de la sobreposición de las áreas circulares originales”. (Duch, 2005, p.21)

Figura 8. Proceso de determinación de las áreas de mercado hexagonales



Fuente: Duch (op. cit.)

En el caso de Lösch, en la ecuación (2) relaciona el rango del asentamiento (P_m) con el tamaño de la ciudad de primer nivel (P_1) y el factor de proporcionalidad (K) (Boix, 2003):

$$P_m = P_1 K^{(m-1)} \quad (2)$$

1.3. Localización de actividades económicas en función de las economías de aglomeración

En el estudio teórico sobre el alcance de las economías de aglomeración la totalidad de los autores con frecuencia consideran tres clases diferentes de economías de escala (Hoover, 1937):

- Economías de escala internas a la empresa: se generan en el interior de la firma y aumentan la producción de ésta en dicha localización.
- Economías de escala externas a la empresa pero internas a la industria (o sector productivo) y al territorio o también llamadas economías de localización.
- Economías externas tanto para la empresa como para la industria pero internas al territorio o también llamadas economías de urbanización.

Como explica Boix (2003) en su tesis doctoral, hoy en día, no está muy claro el concepto de economías de aglomeración, ya que es difícil de precisar debido al uso que los autores le han ido dando a lo largo del tiempo para definir diversas realidades. No obstante, las economías de urbanización y de localización son las que se enmarcan en los últimos años como las denominadas economías de aglomeración. Actualmente, viene a definir los beneficios sobre los costes que se obtienen por la concentración localizada de población y actividades económicas.

1.3.1. Economías de escala internas a la empresa

Se asocian al concepto más tradicional de economías de escala, sencillamente significaría que un aumento de la producción presume una reducción de los costes unitarios. Cuanto más se produce, menos cuesta producir cada unidad. Las economías de escala internas a la unidad productiva son el origen del concepto de aglomeración industrial.

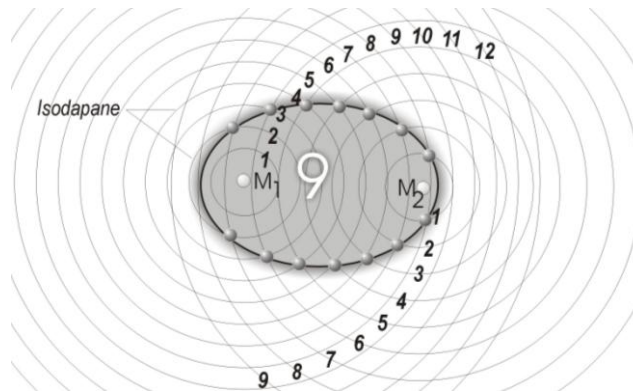
Las economías de escala, a través de la optimización del proceso productivo, generan esquemas de localización densos, produciendo aglomeraciones espaciales de actividades y de factores de producción. En principio, a las empresas les será más rentable localizar su producción en una sola planta o en pocas, de modo que, los costes de producción se reduzcan al máximo. Por otra parte, se debe contrarrestar esta ventaja con el inconveniente de la dispersión espacial de los mercados, y en consecuencia con los costes de transporte. Debido a ello, generalmente, las empresas de una cierta envergadura crean diversos puntos de producción.

1.3.2. Economías de aglomeración

Weber (*op. cit.*) desarrolló importantes conceptos como son las isodápanas y la aglomeración en la localización las actividades económicas (Duch, 2005).

“Una isodápana viene definida como una línea que une todos aquellos puntos que representan un mismo incremento de los costes de transporte con respecto a la ubicación inicial que minimiza estos”. (Santos, 2013) (Figura 9)

Figura 9. Isodápanas según Weber y Lösch



Fuente: Marmolejo (2004)

Finalmente, Weber (*op. cit.*), señala la predisposición que tienen las unidades de producción a aglomerarse, ya que están orientadas a asumir mayores costes de transporte siempre y cuando la producción sea lo necesariamente grande para producir una reducción en el coste de la producción.

Lösch (1954) sostiene que existen tres características locativas que condicionan la aparición de una aglomeración (Marmolejo, 2004):

- La presencia de una gran ciudad (como una capital)
- La presencia de vías de acceso (como autopistas)
- La distancia relativa entre localidades de la misma jerarquía

Weber (*op. cit.*), expresa que no forzosamente la proximidad entre empresas genera una disminución de los costes, por ello divide el factor aglomeración en dos tipos. Por un lado, tenemos las aglomeraciones falsas, que son aquéllas que se crean a través de factores externos al funcionamiento interno de las actividades económicas. Es por ello que si varía esta aglomeración no afecta a las empresas. Y por otro lado, existen las aglomeraciones puras, en las que según sea el tamaño de la aglomeración así variará la función económica de las unidades de producción.

Más tarde, Krugman (1992) distinguirá entre fuerzas centrípetas y fuerzas centrífugas. Las primeras se caracterizan por tener efectos externos positivos que generan fuerzas de atracción hacia el territorio en que tienen lugar. Y las segundas por tener efectos externos negativos que actúan como fuerza de repulsión para los agentes que quieran instalarse en la aglomeración.

a) Fuerzas Centrípetas (efectos positivos)

- Ventajas naturales
 - Bahías, ríos
 - Localizaciones centrales o estratégicas
- Economías Externas Pecuniarias
 - Acceso a mercados
 - Accesos a productos
- Economías Externas Tecnológicas
 - Spillovers* tecnológicos

b) Fuerzas Centrífugas (efectos negativos)

- Fuerzas de Mercado
 - Altas rentas inmobiliarias
 - Relaciones económicas centro- periferia
 - Largos recorridos
- Fuerzas Ajenas al Mercado
 - Contaminación
 - Congestión
 - Recursos naturales dispersos

Fujita y Krugman (2004), discurren que la proximidad es óptima para la productividad, por ejemplo, las densas ordenaciones de actividad económica funcionan mejor que las dispersas y fragmentadas. Las empresas y los trabajadores (factores móviles) se localizarán próximos los unos a los otros para que de ese modo puedan optar de una productividad mayor, lo que provoca una retroalimentación positiva. Es decir, al ir donde hay más productividad, ésta, incrementa, creando a su vez una desigualdad en la distribución de la actividad (Venables, 2006). Por tanto, las fuerzas centrípetas que atraen a las empresas de un sector productivo hacia la formación de aglomeraciones territoriales son:

- Costos de transporte: se minimizan al estar todas las empresas en proximidad.
- Acceso a mercados.
- Movilidad laboral: se generan áreas funcionales interrelacionadas con elevados flujos de movilidad laboral diaria (*commuting*).
- Economías de escala (internas y externas): se producen cuando una firma se concentra en un solo lugar, pues al concentrar su masa crítica, puede aumentar su productividad.

Como fuerzas centrífugas o factores de desaglomeración del proceso productivo se puede encontrar el aumento del valor del suelo, ya que influirá en el grado de densidad de configuración de la actividad económica y en la escasez del suelo. Henderson (1974, 1997a, 1997b, 1999, 2000) las clasifica en tres tipos:

- Desaglomeraciones producidas por la congestión.
- Desaglomeraciones relacionadas con la oferta de factores inmóviles, ante el aumento de una demanda de estos, por lo que el aumento de su oferta, genera un incremento de precio lo cual, dada su inaccesibilidad puede convertirse en un factor expulsor de la aglomeración.
- La extensión del mercado, provoca un aumento en los costes de transporte e incluso de mano de obra, convirtiéndose en una fuerza de desaglomeración.

Economías de localización

Las economías de localización, conocidas también como economías de escala externas a la empresa pero internas a la industria y al territorio; se trata de las ventajas que se derivan de la localización concentrada de empresas pertenecientes a la misma industria o sector productivo (Camagni, 1992). Los precursores del tratamiento económico de estos factores fueron Marshall (*op. cit.*) y Weber (*op. cit.*).

Las economías de localización se originan cuando los costes unitarios de una empresa son inferiores a los de otra, sólo por el hecho de localizarse en un área industrial en la que se localizan un importante número de empresas pertenecientes al mismo sector productivo. Dependiendo de la naturaleza de las unidades de producción, varían los factores de localización, asimismo, en el estudio de la localización industrial, Weber destaca como principal factor de localización el coste de transporte, incluyendo el de materias primas, distribución del producto de mercado, mano de obra y producto.

Según lo anterior, clasifica a los factores de localización en base a la influencia que tienen en las aglomeraciones de actividades económicas en, factores generales y factores especiales.

Los factores generales, afectan de forma integral a todos las tipologías de producción, por ejemplo: los costos de transporte, los costos de mano de obra y los factores de aglomeración; Mientras que los factores especiales, afectan de forma específica a un

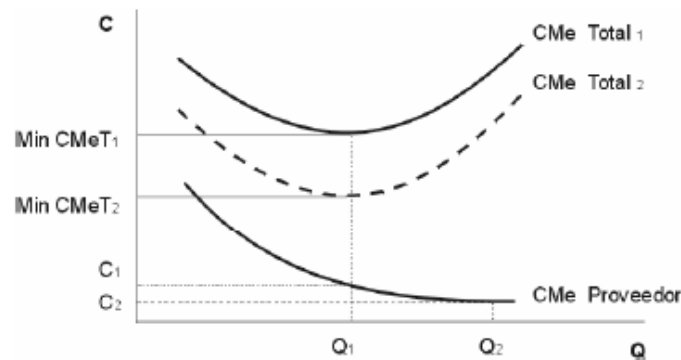
tipo de actividad determinado, como sería por ejemplo el grado de humedad que influye en la localización de una fábrica de producción de tabaco.

Por otro lado, tenemos un análisis que realiza Camagni (*op. cit.*) en donde enumera algunas fuentes generadoras de economías de localización:

- Procesos de especialización dentro del sector productivo y relación entre las distintas empresas dentro de la industria. Obteniéndose una reducción de los costes y/o un aumentando de los rendimientos. Debido a esta situación muchas firmas se crearán o se verán atraídas hacia esta localización.
- Reducción de costes de transacción ya que las relaciones y los contactos están en proximidad.
- La especialización lleva a una mano de obra formada y a su vez, especializada, lo que la productividad del proceso colectivo aumenta.
- El entorno industrial, favorece las relaciones y contactos tecnológicos, lo que promueve la innovación, el progreso técnico y la eficiencia organizativa.

La Figura 10, realizada por Boix (2033), expresa un ejemplo gráfico de economías de localización. Para ello, ha supuesto que la empresa se sitúa con un proveedor especializado dentro de la industria. En la gráfica se puede ver el coste medio total de la empresa (CMe Total) y el coste medio del proveedor (CMe Proveedor). En el caso de que la empresa se sitúe en una atmósfera especializada, la facilidad para encontrar a un proveedor especializado es mayor. La empresa producirá una cantidad (Q_1) a un coste medio (C_1) y el proveedor tendrá que producir una cantidad para toda la industria (Q_2) muy superior al de la empresa, con un coste medio inferior (C_2), por lo que ($C_2 < C_1$). Concluyendo, si en el territorio existe un proveedor especializado, el coste medio total para la empresa irá siendo menor ($CMe\ Total\ 2 < CMe\ Total\ 1$).

Figura 10. Economías de localización



Fuente: Boix (2003)

Economías de urbanización

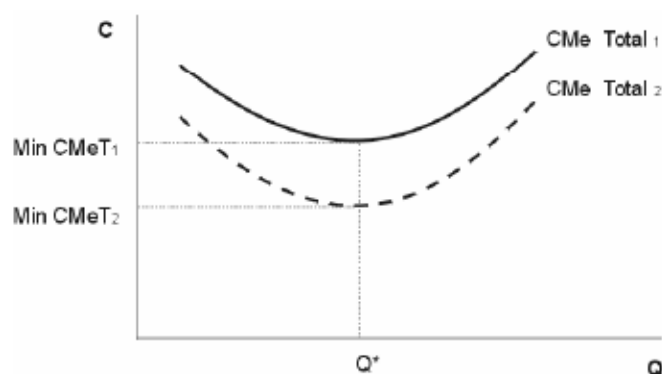
Las economías de urbanización son externas a la empresa y a la industria y resultan de la actividad económica general y de la diversidad interna del área geográfica. De este modo, las empresas se benefician de localizarse en un área industrial independientemente del sector industrial al que pertenezcan. Éstas no sólo benefician la localización de unidades productivas de un solo sector, sino a todos los tipos de firmas implicadas en la dinámica urbana. Estas aprovechan las infraestructuras y equipamiento urbano.

Duranton y Puga (2004) señalan que gracias a la diversidad existente en las áreas industriales con multitud de industrias diversas existe un mayor número de ventajas productivas asociadas a una gran variedad de proveedores intermedios. Las economías de urbanización presentan ventajas como:

- Presentar su epicentro en la concentración de la intervención del sector público en la estructura urbana de la ciudad (infraestructuras y servicios públicos).
- Surgir de la naturaleza de gran mercado de la ciudad.
- Proceder de la capacidad de la ciudad de concebir factores productivos y mercado de entrada de producción (mercado de trabajo diversificado, flexible y amplio; Acceso a un mercado eficiente, instituciones de formación superior, a centros de investigación, etc.; Disponibilidad de servicios a empresas especializados; Oferta de capacidades empresariales y directivas; Presencia de economías de comunicación e información).

En el ejemplo que se expresa en la Figura 11 de economías de urbanización para empresas de sectores de conocimiento, el resultado tal y como grafía Boix (2003) es el desplazamiento hacia debajo de la curva de costes medios totales (CMe Total).

Figura 11. Economías de urbanización



Fuente: Boix (2003)

1.3.3. Deseconomías de aglomeración

Las economías de desaglomeración tienen su base justificativa, como explica Marmolejo (2004), *“si las economías de aglomeración fuesen el único factor condicionante de la localización, todo lo demás igual, no habría procesos de descentralización característicos del crecimiento urbano reciente. Son las fuerzas antagónicas a la aglomeración las causantes, en buena medida, de dicho fenómeno”*. (p. 354)

Las economías de desaglomeración, son por tanto, una fuerza contraria y centrífuga con un efecto económico negativo en la estructura aglomerada. Henderson (1974, 1997a, 1997b, 1999, 2000) clasifica a las deseconomías de aglomeración en tres tipos:

Las relacionadas con las externalidades producidas por la congestión: por dos motivos, el primero es que los costes de transporte y el tiempo de desplazamiento aumenta. El segundo, se produce un fuerte impacto medioambiental, contaminación atmosférica, acústica y visual.

Las relacionadas con la oferta de factores inmóviles: el mayor factor inmóvil es el suelo. De modo que en los lugares centrales, la renta del suelo es muy elevada, por lo

que la productividad también debe serlo, si no, se convierte en un expulsor de aglomeración. Esta característica, por lo general, impide de antemano la localización de empresas que ocupan mucha superficie.

La extensión del mercado, limitado por la distribución dispersa de la demanda del producto: ruptura de barreras comerciales, al existir actualmente un mercado mucho más amplio, con gran número de exportaciones, las ciudades ya no son el único punto de venta de bienes, si no que denotan mayor importancia las ciudades que se ubican cerca de los principales canales de distribución. Por otro lado, los costes de transporte aumentan.

Para concluir se vuelve a retomar a Marmolejo (2004.) en donde aclara las características de las economías de desaglomeración de Henderson (*op. cit.*). “[...] los dos primeros factores señalados por Henderson están más ligados al tamaño de la aglomeración, es decir, son endógenos al proceso de autoorganización espacial, mientras que el tercero tiene que ver más con los costes de transporte y con el comercio internacional. Las deseconomías de aglomeración son, por tanto, el incremento en los costes de producción de las firmas y el detrimento en el nivel de utilidad de los individuos”. (p. 368)

1.3.4. Economías netas

La magnitud del efecto de las deseconomías de aglomeración varía según el tamaño de la aglomeración. Es decir, una empresa, que forma parte de una aglomeración, se beneficiará de los efectos positivos conforme la aglomeración acreciente de tamaño, hasta llegar un punto en el que debido a la congestión y los problemas de movilidad de los factores de producción, los efectos positivos decrezcan volviéndose negativos.

Por lo que en la teoría de la localización coexisten tanto fuerzas centrípetas como fuerzas centrífugas, siendo éstas antagónicas explican la tendencia de las empresas a ser atraídas o expulsadas de la aglomeración existente. El dinamismo del sistema aglomerado provocará un desequilibrio continuo entre las fuerzas centrípetas y centrífugas, que condicionará la localización de los individuos como medio de consecución del equilibrio. (Marmolejo, 2004)

1.4. Los procesos de crecimiento urbano

Lo primero que se debe dejar claro, es la definición de *Estructura Urbana*, entendiéndola como la estructura espacial de una ciudad que está formada por aquellos elementos que vertebran su territorio y condicionan los usos del suelo, su valor y la intensidad con que se ocupa; esto es, los centros de empleo, las infraestructuras de transporte y los accidentes geográficos (ríos, costas, laderas, valles, etc.).(García- López *et al.*, 2014)

Antes de abordar los posibles escenarios teóricos en los que se podría englobar la configuración de la estructura urbana, se procede a otra definición, la de centro/subcentro. Este elemento será el eje vertebrador tanto morfológica como funcionalmente que configure los agentes económicos (familias y empresas). Es por ello, que su entendimiento es fundamental para posteriormente poder analizar con una mayor claridad los modelos monocéntricos, policéntricos y dispersos.

Marmolejo *et al.* (2014) definen el concepto de subcentro de la siguiente manera:

“[...] La definición hegemónica de subcentro se ciñe a conceptualizarlo como una concentración de empleo con influencia funcional en su entorno. Así, dichas concentraciones de empleo estructuran a su alrededor flujos de personas, que se desplazan principalmente para trabajar o consumir servicios y productos ofrecidos en los subcentros”. (p. 1)

No obstante, esta definición parte de estudios realizados en un momento histórico diferente al contexto actual, con un estilo de vida, características de la población y del empleo muy diferentes a las de entonces. De este modo, se plantea necesaria el hecho de realizar una revisión de cómo se detectan estos espacios que estructuran nuestra vida diaria, los métodos llevados a cabo hasta ahora deben modificarse y tener en cuenta otros criterios, como se explica a continuación:

*“Los individuos a través de sus patrones de comportamiento espacio-temporal son los que dan contenido, diferencian e interrelacionan a los lugares. Las actividades presentes en el espacio son el resultado de la forma en cómo las personas deciden usarlos”. (Marmolejo *et al.*, 2014, p. 1)*

Una vez que se ha definido el concepto de subcentro, es necesario conocer los tipos de subcentro que existen, pero para ello es imprescindible un breve repaso de los diferentes procesos que llevan a generar subcentros. Champion (2001) clasifica en tres los orígenes en los que se producen subcentros. Marmolejo *et al.* (*op. cit.*), lo expresan de manera muy clara y resumida del siguiente modo:

- “integración” proceso mediante el cual el centro dominante expande su área de influencia y absorbe antiguos,
- “fusión” a la ampliación simultánea de las áreas de influencia de los centros primitivos.
- “descentralización” crea nuevos centros a expensas del central.

Gracias a la definición de los orígenes de los subcentros, se puede realizar una clasificación entre dos tipos de subcentros:

- por un lado, los subcentros maduros originados por procesos de integración de centros antes independientes con una mayor diversificación de su base económica, fijación de su población y con más servicios; y,
- por otro lado, estarían los subcentros emergentes “producidos por crecimiento por descentralización, ubicados en zonas que difícilmente pueden proveer trabajadores suficientes o suficientemente cualificados, y que por ende impiden la vinculación local entre la población ocupada y los empleos localizados. (Marmolejo y Tornés, 2015b)

Una vez vista la definición de subcentro (es un sitio denso, fundamentalmente en términos de empleo, con injerencia funcional en su entorno (Boix y Trullén, 2012)); y los tipos de subcentros que existen (maduros o emergentes), cabe decir que, un subcentro maduro presenta no sólo una densidad considerable de empleo y de población de modo exógeno, sino que alrededor de estas densidades aparecen una serie de servicios complementarios que convierten a las zonas centrales, subcentros maduros, de un mayor valor y de una conveniencia locacional. Sin embargo, la existencia a veces de centros de nueva planta, como podría pensarse en el caso de los subcentros emergentes que presentan concentraciones densas (empleo o población), no siempre lleva consigo que dichas concentraciones sean subcentros, por ejemplo se cita el caso de un polígono industrial o un cuartel militar. En ambos

ejemplos, se observa que a pesar de esas densidades, no existe la otra parte de la definición de subcentro, la de generar una influencia en su entorno. Dentro de esta clasificación de centralidades maduras o emergentes, existe otra dentro de la misma, que clasifica a los subcentros basándose en la especialización de las actividades que se realizan en ellos, generando centros de distinta naturaleza (comerciales, industriales, turísticos, etc.)

1.4.1. Modelos teóricos desde la perspectiva de la Nueva Economía Urbana

La Nueva Economía Urbana (en adelante, NUE), nace en los años 70 y recibe este nombre ya que representa los aportes teóricos de microeconomía realizados sobre la economía urbana del momento. Sus principales características, entre otras, son:

- La ciudad tiene un Distrito Central de Negocios, (CBD) (Alonso, 1964).
- Los costes que se establecen en los modelos son los del viaje que supone ir del hogar al lugar de trabajo (*commuting*).
- Cada viaje cuesta dinero o reduce la utilidad, la cual es una función de los bienes de consumo o bienes compuestos en el modelo de Alonso y de la residencia.
- La población es tomada como variable exógena, y el tamaño de la ciudad es determinado por los ingresos y preferencias.

Según la NUE y considerando sus modelos, la estructura urbana se entiende como la distribución espacial del empleo y de la población en un área urbana, bajo unas condiciones de su densidad.

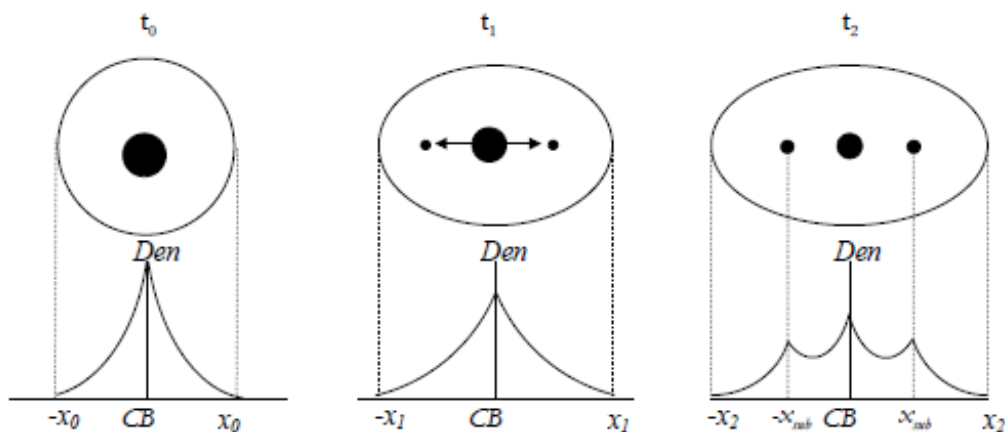
A continuación, se van a analizar los modelos teóricos de las economías de aglomeración y de la estructura espacial del empleo mediante los modelos llamados, exógenos y endógenos. La aparición de estas modelizaciones basadas en los principios de la NUE, son respuesta a la emergencia de economías de aglomeración alternativas al CBD que facilitan la concentración descentralizada del empleo. (Chica *et al.*, 2010)

Modelos exógenos de la estructura espacial del empleo

Estos modelos parten de los modelos del monocentrismo clásico (Boarnet, 1994). Según García- López (2006) y como se muestra en la Figura 12, el tipo de policentrismo que se muestra en los modelos exógenos es sencillamente el monocentrismo definido por Muth (1969) pero con la salvedad de que las economías de aglomeración están tomadas en cuenta y que todo se analiza bajo la perspectiva de la localización del empleo y el efecto de ésta en la población.

Al ser el empleo independiente del comportamiento de la población, es el que realmente puede estructurar espacialmente el modelo. De tal modo que si se descentraliza hacia zonas periféricas, si lo hace de modo concentrado en una determinada zona, originará un subcentro, en el que en un futuro se ubicará la población, determinando su localización los costes de transporte.

Figura 12. Evolución de la estructura espacial del empleo en un modelo NUE exógeno



Fuente: García- López (2006)

Según Ramírez, L. (2008), los modelos exógenos parten del supuesto de que existe históricamente un CBD. García- López (2006) los define como modelos “centrados en el análisis del efecto de las economías de aglomeración y de los costes de transporte en las actuales pautas de localización espacial del empleo y de la residencia”. (p.4)

En la Tabla 1 que se muestra a continuación, se exponen los diferentes modelos exógenos que han sido tratados según el tipo de estructura espacial que se ha tomado en consideración.

Tabla 1. Trabajos sobre modelos exógenos de la estructura espacial del empleo

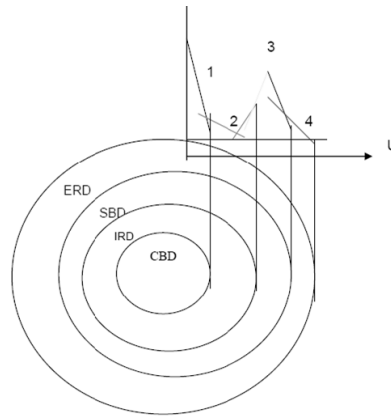
TRABAJO	ESTRUCTURA ESPACIAL CONSIDERADA
Sullivan (1986)	Policéntrica con subcentro anillo
Sasaki (1990)	Policéntrica con subcentro anillo
Wieand (1987)	Policéntrica con subcentro con área
Fujita, Thisse y Zenou (1997)	Policéntrica

Fuente: Elaborado a partir de García- López y Muñiz (2010)

El primer modelo con el que nos encontramos es el de Arthur M. Sullivan (1986), precursor en presentar un modelo de estructura espacial de empleo en donde aparecen las economías de aglomeración (centrífugas y centrípetas). En la Figura 13 se observa que las economías de aglomeración se encuentran concentradas en dos zonas, las primeras situadas en el centro de la estructura de la ciudad (CBD), ya que es ahí donde se producen los contactos “cara a cara”, en esta zona central también se ubican las oficinas y el sector de negocios. Las otras economías de aglomeración pertenecientes al sector productivo (manufacturero), al no poder contar con las relaciones del “cara a cara”, se sitúan en una segunda zona localizada cerca de una vía que circunvala al CBD (forma anular), conocida como subcentro (SBD). De este modo, los costes de transporte del producto de la fábrica al CBD, que es donde se vende, se minimizan.

La población, según el modelo de Sullivan (*op. cit.*), se pueden localizar en dos franjas anulares, una sería el Distrito Interior Residencial (IRD) y otra el Distrito Exterior Residencial (ERD) (Ramírez, 2008). La renta del suelo de este modelo va decreciendo conforme las viviendas se alejan de las economías de aglomeración, en especial del CBD. Cuando aumenta la distancia al CBD, la renta ofertada decrece ya que los costes de *commuting* son más elevados.

Figura 13. Renta del suelo



Fuente: Ramírez (2008)

El segundo modelo que surge es el de Sasaki (1990), el cual propone que, partiendo del modelo de Sullivan (*op. cit.*), la estructura espacial policéntrica se puede considerar como un estado de equilibrio entre el CBD, que mantiene una relación entre economías de aglomeración de transmisión de la información y deseconomías de aglomeración creciente de signo negativo, y los subcentros, en los que las primeras están por encima de las segundas (Chica *et al.*, 2010). Por otra parte, cuando en un modelo duocéntrico los costes de transporte aumentan, la extensión de la población se ve frenada y la renta ofertada disminuye de valor. De modo inverso, cuando los costes de transporte son menores, la renta del suelo aumenta su valor.

El modelo de Kenneth F. Wieand, junto con los que se estudian en el siguiente epígrafe, consideran, a diferencia de los dos anteriores, que la localización del empleo es endógena respecto de la localización de la población (García- López, 2006).

Wieand (1987), considera que tanto en el CBD como en el subcentro, existen economías de aglomeración. Según García- López (*op. cit.*), la localización del subcentro viene condicionada por el número de empleos que existan en el mismo, de tal suerte que si el número de empleos en el subcentro es reducido, el subcentro se podrá ubicar en la periferia del área urbana. Sin embargo, si el número de trabajadores requerido para el subcentro es elevado, la localización del subcentro debería ser próxima al CBD (White, 1999). Esta conclusión es lógica, ya que cuanto más lejos se encuentre el empleo del trabajador que reside en el CBD, más difícil y costoso será llegar al lugar de trabajo.

Wieand (*op. cit.*), concluye con que su modelo es idóneo para interpretar la transición de una forma urbana monocéntrica a una forma urbana policéntrica.

Bajo esta misma línea, el modelo que confeccionan los autores Fujita, Thisse y Zenou (1997), al igual que se han analizado en los modelos anteriores, también considera la existencia de economías de aglomeración en el CBD, dichas economías están basadas en la transferencia de información entre empresas que frenan la descentralización del empleo.

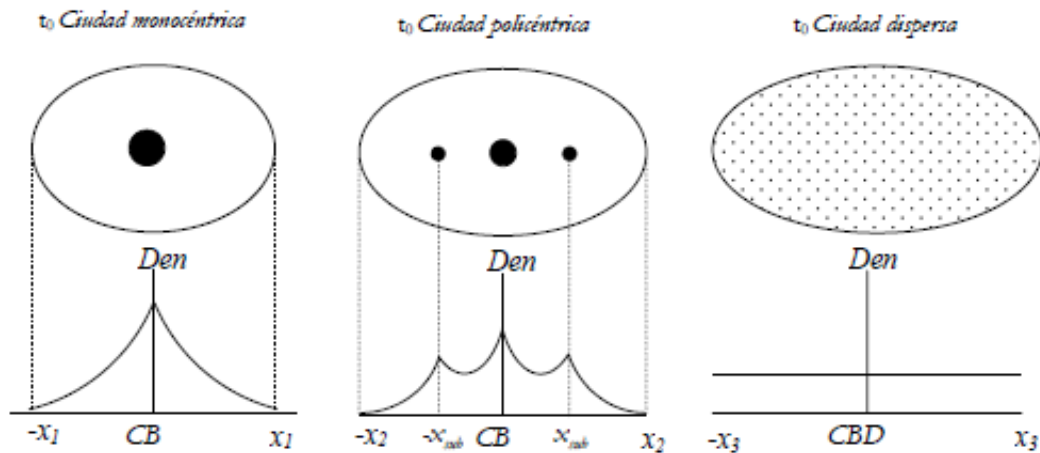
Por otra parte, como explica García-López (2006), el modelo de estructura espacial presentado por los autores (*op. cit.*) es tanto endógeno como exógeno, Es endógeno porque la localización del subcentro no está predeterminada, es aleatoria y exógeno porque determinan *a priori* la existencia de un subcentro. Otra característica que diferencia a esta estructura de las del resto de autores, es que el subcentro establecido a priori, es originado por una gran empresa y no por un conjunto de pequeñas empresas (García- López, *op. cit.*).

Modelos endógenos de la estructura espacial del empleo

Los modelos endógenos son los característicos de las ciudades sin ningún tipo de vínculo físico, es decir, al no haber de modo preexistente ni empleo ni población, éstos pueden establecer su localización donde mejor les convengan. De esta manera, la localización central del CBD está más que justificada, ya que las economías de aglomeración y los costes de transporte son óptimos en el CBD. Sin embargo, a través de las externalidades negativas, como pueden ser la congestión o el aumento de los costes de *commuting* y/o transporte, las empresas deciden descentralizarse (White, 1999).

García- López (2006) muestra en la Figura 14 y define a los modelos endógenos, como aquéllos que analizan “ *los efectos que la suburbanización del empleo provoca en las decisiones de localización residencial y en otros aspectos referentes a la asignación de recursos en las ciudades*”. (p.94)

Figura 14. Estructura espacial del empleo en un modelo NUE endógeno: tres configuraciones posibles



Fuente: García- López (2006)

La descentralización de las empresas puede producirse de dos modos. García- López (*op. cit.*), explica en la Figura superior ambos casos.

- Monocentrismo aparece cuando los beneficios asociados a las economías de aglomeración sólo se dan en el CBD y se reducen con la distancia al mismo, superando los costes de *commuting*.
- Policentrismo es un tipo de estructura espacial que resulta de unas economías de aglomeración cuya influencia se reduce al aumentar la distancia entre las empresas en un contexto de costes de *commuting* moderados.
- Dispersión se obtiene cuando los beneficios de las economías de aglomeración se generan en todas las localizaciones de la ciudad y los costes de *commuting* son muy elevados.

A continuación, se van a desarrollar los principales modelos endógenos que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Trabajos sobre modelos endógenos de la estructura espacial del empleo

TRABAJO	ESTRUCTURA ESPACIAL CONSIDERADA
Fujita y Ogawa (1982)	Monocéntrica, policéntrica y dispersa
Lucas y Rossi- Hansberg (2002)	Monocéntrica, policéntrica y dispersa

Fuente: elaborado a partir de García- López y Muñiz (2010)

Uno de los primeros modelos que analizan la estructura espacial del empleo como elemento endógenos es el desarrollado por los investigadores Fujita y Ogawa (1982), Este modelo no requiere que la localización del empleo ni la localización de la población sean especificadas *a priori* (por esta razón el modelo es endógeno), dando una gran relevancia a las economías de aglomeración, que a su vez explican la existencia y el crecimiento de las ciudades.

En último lugar, estaría el modelo de Lucas y Rossi-Hansberg (2002) que conserva los fundamentos del modelo desarrollado por Fujita y Ogawa (1982), es decir, una presencia de economías de aglomeración basadas en la transferencia de información. Los autores definen que en la estructura espacial de la ciudad, los empleados residen en el mismo lugar que donde tienen su empleo. En la ciudad modelada, sólo se produce un único bien, ubicándose dicha producción en la ciudad y no en la periferia de la misma. Mantienen la premisa de que a mayor cantidad de empleo concentrado en una zona, mayor nivel de productividad.

1.4.2. Monocentrismo

Los modelos teóricos monocéntricos tienen su principal origen con las teorías de localización de von Thünen, pero es con la visión de otros autores (Alonso, 1964; Muth, 1969; Mills, 1972), en torno a los años 60's, que surgen unos nuevos modelos, conocidos bajo el nombre de Modelos de ciudad Monocéntrica. Lo que realmente pretenden estos investigadores es aplicar al modelo clásico de renta ofertada de von Thünen (1826) una serie de criterios comunes:

- Empleo exógeno y concentrado en un solo punto.
- El CBD es el centro a partir del cual la población se asienta, lo que hace que la intensidad de uso del suelo disminuya conforme se aleja del centro. En él se concentra todo el empleo, las ventas de bienes y servicios.
- A mayores costes de transporte, menor renta del suelo, y por tanto, menor precio de la vivienda, traduciéndose en una menor densidad.

Como ya se ha expuesto anteriormente, la relevancia que consagró a Alonso (1964), en el mundo de la economía fue el hecho de ampliar el modelo clásico de von Thünen (*op. cit.*), no sólo aplicándolo al suelo agrario, sino también al suelo urbano, es decir, a la ocupación del suelo por parte de los agentes económicos (empresas y familias). A dicho modelo lo denominó Función de Renta Ofertada (*Bid Rent Function*).

Sin embargo, Muth se centrará en el sector residencial, siendo la vivienda, la variable explicada por la distancia. El *plus* del modelo de Muth (1969) con respecto al de Alonso (*op. cit.*) es que el primero introdujo el análisis del mercado de vivienda, lo que llevó a que el autor distinguiera entre suelo urbano y espacio residencial (es el suelo urbano más el capital necesario para la construcción de viviendas) (Ramírez, 2008).

En conclusión, la relevancia del modelo de Muth (*op. cit.*) es que muestra cómo, al disminuir los precios de la vivienda, la renta del suelo también se reduce. Este fundamento es uno de los elementos más importantes que explican la disminución de las densidades de población conforme las familias se ubican en zonas más periféricas (García- López, 2006).

Por otro lado, nos encontramos con las investigaciones de Mills que, a diferencia de los dos anteriores, crea un modelo en el que se establece un equilibrio general entre varios sectores (producción, residencial, transportes, tamaño de la ciudad, etc.). Otra diferencia respecto a los autores antes mencionados, es que considera que el CBD no es punto sino un área en donde no sólo existe el sector residencial, sino que también se ubican en él una actividad económica.

Para concluir, hay que decir que el hecho de que Mills (1972) introduzca el sector de transporte le permite analizar los problemas de la congestión, las infraestructuras, el tamaño de las ciudades y la distribución espacial de su población.

1.4.3. Policentrismo

El origen del monocentrismo se le ha atribuido siempre a von Thünen. Sin embargo, la idea de policentrismo es mucho más difusa tanto en la definición del concepto como en datar unos comienzos de la idea multinuclear. Se podría considerar que fue Walter Christaller (1933), con la teoría de los lugares centrales, quien asentó las bases del policentrismo. Si bien es verdad que dicha teoría ha estado ligada al modelo de estructura urbana monocéntrica, en realidad, Christaller ordena el territorio de la Alemania Meridional con la utilización de unidades urbanas de diferente rango (un centro de mayor nivel y otros de orden inferior, los subcentros) creando una jerarquía y unas relaciones verticales que posteriormente se vincularán con el policentrismo.

Como explican García- López *et al.* (2007), bajo la visión de la Nueva Economía Urbana, el nivel de policentrismo no sólo se obtiene mensurando el peso del empleo existente en los subcentros en comparación con el que haya en el centro, sino que también se debería tener en cuenta la influencia que tiene alrededor de los mismos. El modelo de estructura policéntrica se ha convertido en objetivo a conseguir de casi todas las políticas territoriales, incluida la europea (ETE de 1999). La principal ventaja del policentrismo es la variedad de escalas a las que funciona como herramienta de desarrollo territorial y de equilibrio espacial. Sin embargo, Davoudi (2003) pone de relieve que según a la escala que se esté trabajando, la idea de policentrismo cambiará. Normalmente las escalas más usuales que pueden encontrarse en el modelo policéntrico son la intraurbana, intrametropolitana e intrarregional.

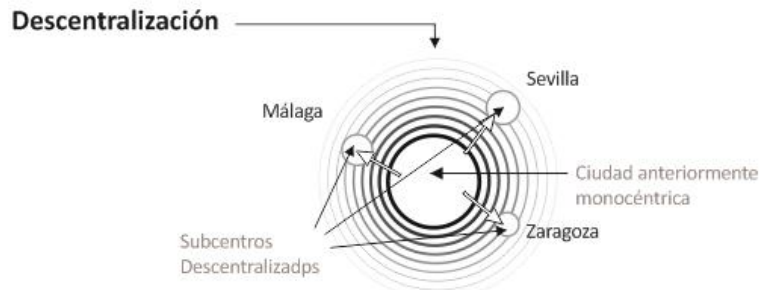
A continuación, para analizar los diferentes orígenes del policentrismo, Champion (2001) determina las causas por las que se deriva el paso de centros previamente independientes a sistemas policéntricos. Las dos principales causas se ven divididas según el contexto territorial en donde se producen, como se podrá ver a continuación, la descentralización ocurrió en los Estados Unidos y la integración en la vieja Europa.

Policentrismo por descentralización

El policentrismo característico que existe en los Estados Unidos procede de la descentralización del empleo. Como se refleja en la Figura 15, estos nuevos

subcentros se ubican en nuevos espacios de la periferia en torno a la ciudad central o bien en zonas residenciales de baja densidad. Así surgen las llamadas *Edge cities*.

Figura 15. Policentrismo originado por la descentralización



Fuente: Marmolejo et al. (2014)

Se observa este tipo de policentrismo cuando, o bien parte de la población, o bien del empleo, originalmente concentrado alrededor de un gran centro, comienza a repartirse por otros asentamientos (p.e. Málaga, Sevilla y Zaragoza). Las razones que originan el proceso son diversas, teniendo en cuenta dos puntos de vista.

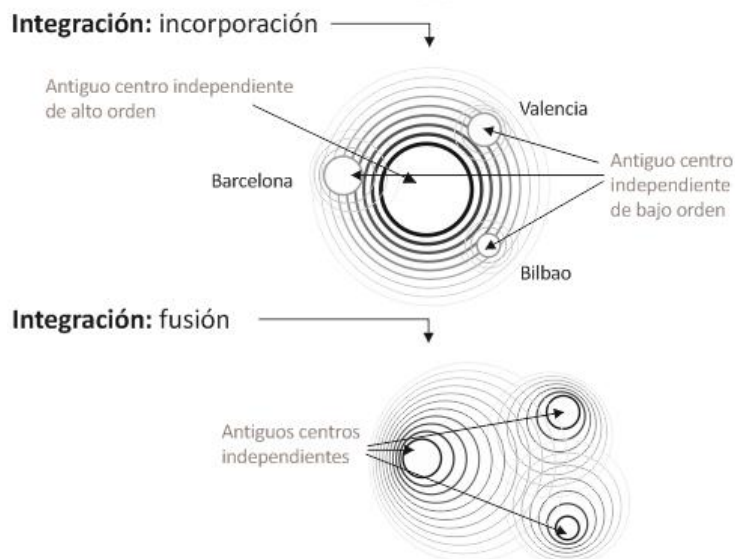
- Descentralización económica. Ogawa y Fujita (1980) explican que este proceso ocurre cuando en el centro principal aparecen diseconomías de aglomeración y en los subcentros economías de aglomeración.
- Descentralización social. Este tipo de policentrismo surge cuando la población manifiesta su deseo de vivir en subcentros básicamente por dos motivos, externalidades negativas (contaminación, congestión, delincuencia, precio alto del suelo, etc.) o por un cambio en las preferencias de residencia.

Policentrismo por integración

El policentrismo por integración es característico de los sistemas urbanos europeos debido a la rápida industrialización que tuvo lugar con la Revolución Industrial, el crecimiento acelerado de las ciudades y el movimiento migratorio de la población, hicieron que pequeños centros que se encontraban en la periferia fuesen absorbidos por la ciudad industrial.

- Incorporación. El centro dominante difunde su área de influencia y absorbe centros que anteriormente eran independientes (p.e. Barcelona, Bilbao y Valencia). (Figura 16).
- Fusión. Se produce cuando un cierto número de centros amplían sus áreas de influencia al mismo tiempo (Figura 16).

Figura 16. Policentrismo originado por la integración



Fuente: Marmolejo et al. (2014)

De esta clasificación de las causas que derivan en policentrismo se puede resumir que por un lado, se crean nuevos centros a expensas de la ciudad central (descentralización en Norteamérica), y por otro lado, se integran funcionalmente centros a otros que antes eran independientes (integración europea).

Modelo teórico del policentrismo morfológico

El policentrismo estático se desarrolla en espacios sin límites, extensos, dispersos, y como dicen Boix y Trullén (2012), en el policentrismo morfológico, la distancia tiene una importancia crucial en la organización espacial del territorio. Este modelo de organización urbana, de tipo christalleriano, presenta una serie de jerarquías y estructuras de centros de empleo de diferente orden que se configuran según su tamaño e importancia, creando relaciones entre nodos de no complementariedad. Los

nodos, establecidos como uno principal, denominado CBD, y otros secundarios, subcentros, identificados normalmente debido a su elevada densidad de empleo o especialización en comparación con su entorno.

Los modelos antecesores de la dimensión morfológica del policentrismo son los modelos desarrollados por Hoyt (1933), el de la ciudad de los sectores, y el de Harris y Ullman (1945), el de los núcleos múltiples (Boix y Trullén, 2012). Sin embargo, será a partir de los años 80 cuando se empiezan a implantar en las políticas de las áreas metropolitanas norteamericanas como Los Ángeles (Boix y Trullén, 2012).

El primer modelo que se analiza en este apartado es el de los núcleos múltiples o modelo de desarrollo urbano polinuclear expuesto por los geógrafos Chauncy Harris y Edward Ullman (1945) parte de la hipótesis de que la disposición de los usos del suelo se desarrolla alrededor, no de un núcleo central, sino de varios núcleos urbanos. Bien es verdad, que esta teoría combina ciertos criterios, uno de ellos es que sí existe un gran centro (CBD), el cual suele ser el centro histórico de la región urbana, y es posteriormente, en la época moderna, cuando se originarían los demás núcleos del modelo. Finalmente, serían alrededor de todos los núcleos en donde se distribuirían los usos del suelo, como se entiende, los nuevos núcleos serían complementarios del núcleo tradicional, antiguo CBD.

Los autores (*op. cit.*) explican que el origen y funciones de los núcleos irán variando según sea el tamaño y características de la ciudad que se esté analizando. Y para ello explican que existen diferentes tipos de núcleos (Ramírez, 2003):

- Poblaciones urbanizadas
- Zonas portuarias o ferroviarias
- Áreas industriales
- Distritos comerciales
- Centros de esparcimiento

Una vez que se define el tipo, las características y el número de núcleos, se ubican dentro de la región y se distribuyen los usos del suelo en torno a ellos, dotando de actividad y jerarquía espacial a toda la región. Como explica Ramírez (*op. cit.*), la agrupación de cierto número de núcleos estructuradores espacialmente genera una serie de fenómenos funcionales:

Las actividades semejantes tienden a agruparse, intentando beneficiarse de las economías de aglomeración que generan; (tendencia de los restaurantes de situarse próximos a zona de cines o teatros). Las actividades antagónicas buscan una localización separada ya que su respectiva proximidad es perjudicial para ambas (contaminación industrial con actividad residencial). Cada actividad tiene unas determinadas exigencias de localización y los núcleos se encuentran interdependientes locacionalmente para responder a ciertas necesidades concretas, como por ejemplo, acceso común a vías de transporte. Existen actividades que no pueden pagar precios elevados y por tanto no podrán optar por localizaciones centrales y tendrán que ubicarse en zonas periféricas a los núcleos. Lo que producirá una ausencia o presencia de ciertas actividades de servicios.

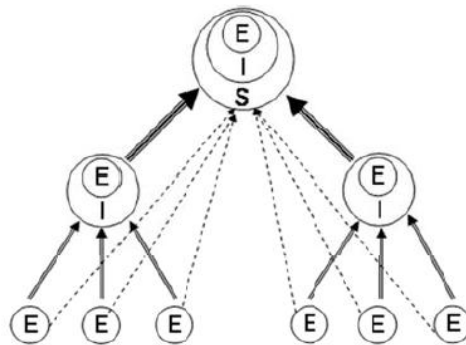
Modelos teóricos del policentrismo funcional

El policentrismo dinámico, a diferencia del estático, se estructura según un espacio limitado, en donde la organización del sistema urbano se desarrolla en base a unos nodos y a las interrelaciones que se establecen entre ellos, los flujos, siendo la distancia importante en este modelo. Estas relaciones entre los diferentes centros de empleo, son de complementariedad, lo cual supone, que los nodos tienen que encontrarse especializados en algún sector, y además, que las áreas de influencia de los mercados de empleo y vivienda de los subcentros se solapen, de modo que el policentrismo en red pueda darse.

Los antecesores del policentrismo funcional son, por un lado los modelos desarrollados por Christaller (1933) y Lösch (1954) de los lugares centrales, los sistemas de ciudades de Bourne y Simmons (1978) y, por último, las redes de ciudades de Pred (1977) y Dematteis (1985) (Boix y Trullén, 2012).

A continuación, el concepto de los lugares centrales que se pretende abordar, ya ha sido desarrollado en los apartados correspondientes de Christaller y Lösch. Por lo que en resumen, en las ciudades, los lugares, se centraliza toda la actividad y la población organizada de modo jerárquico mediante relaciones de complementariedad. En este modelo urbano (Figura 17), se distinguen dos tipos de centros, los de primer (CBD, o también llamadas ciudades grandes (S)) y de segundo orden (subcentros, o también llamadas ciudades medianas (I) y pequeñas (E)).

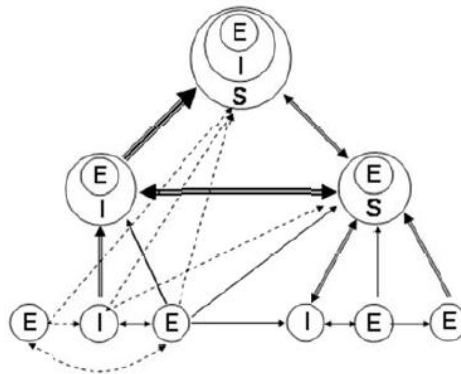
Figura 17. Lugares centrales



Fuente: Boix y Trullén (2012)

Más adelante surgirán los sistemas de ciudades, llamados así por Bourne y Simmons (1978) son modelos urbanos que presentan diferentes tipos de nodos (lugares centrales, centros de transporte, nodos con funciones especiales, etc.) y en los que la distancia sigue siendo importante (Boix y Trullén, 2012). Un ejemplo teórico del funcionamiento de un sistema de ciudades es el que se representa en la Figura 18.

Figura 18. Sistemas de ciudades



Fuente: Boix y Trullén (2012)

Para concluir, las redes de ciudades son un término que viene ligado ineludiblemente a las economías de red, y para ello es obligatorio el estudio de los trabajos realizados por el economista Rafael Boix (2004), ya que abordan toda la literatura existente sobre economías de red, redes de ciudades, etc.

Como se ha explicado en el apartado anterior, el de economías de aglomeración, Hoover (1937), clasificaba las economías en tres tipos: las economías internas, las de

localización y las de urbanización. Estas tres economías se caracterizaban por ser estáticas en el tiempo y en espacio. El primer aspecto, la dinámica temporal, lo abordan Glaeser *et al.* (1992) y señalan que las externalidades estáticas, las economías de localización y urbanización, explican la forma y la especialización de las ciudades pero no cómo crecen. Por el contrario, las externalidades dinámicas sí que informan y analizan cómo se forman y por qué crecen las ciudades. El otro aspecto, la dinámica espacial, consiste en tratar a la ciudad no como un elemento aislado sino como un nodo dentro de un sistema de ciudades más complejo y articulado. Este aspecto se desarrolló con anterioridad en los modelos de lugares centrales de Christaller (1933).

A continuación, una vez que se ha definido qué son las economías de red, se puede realizar una aproximación más profunda a lo qué son las redes de ciudades. Para comenzar, el concepto de Red de ciudades se extrae directamente de la tesis de Boix (2003) que investiga específicamente este tema en profusión. Cabe tener en consideración que no existe una definición exacta, y que como comenta este mismo autor, cada investigador abarca conceptos distintos y la definición varía en función del tipo de red que se esté analizando.

“Una red de ciudades es una estructura en la cual los nodos son las ciudades, conectados por vínculos de naturaleza socioeconómica (links), a través de los cuales se intercambian flujos de distinta naturaleza, sustentados sobre infraestructuras de transportes y comunicaciones. Las principales características de las redes de ciudades son la posibilidad de coexistencia de estructuras jerárquicas y no- jerárquicas, la cooperación entre ciudades y la generación de ventajas asociadas a la organización de la estructura urbana y la interacción entre sus nodos”. (Boix, 2003, p. 17)

Siguiendo con las redes de ciudades, hasta los trabajos publicados por Pred (1977), Dematteis (1985) y Camagni (1992) no se integrarán las nociones de unas posibles interacciones urbanas. Es por ello que se procede a conocer cada una de las teorías de los autores que han desarrollado la cuestión de la externalidades de red, los vínculos entre las ciudades y la transferencia de servicios, bienes y conocimiento.

Siguiendo un orden cronológico, Allan Richard Pred (1977) geógrafo y profesor neoyorkino desarrolló la teoría de los sistemas de ciudades, conocido como *city-systems*, y que como él mismo señala:

“[...] un sistema de ciudades está referido a un conjunto nacional o regional de ciudades interdependientes, de tal forma que un cambio significativo en la estructura económica, profesional o población de una ciudad, puede alterar éstas mismas estructuras de otros centros urbanos del sistema”. (p. 13)

Pred señala que lo que realmente convierte en interdependientes a las unidades urbanas entre sí, es la transferencia de servicios (bienes, conocimiento, etc.). Este hecho, por otro lado, origina un desencadenante innovador entre las empresas, es decir, les motiva e incentiva a desarrollar su conocimiento, dándose este hecho de un modo más intenso y frecuente en las grandes ciudades. Boix (2003) remite la importancia que tiene para el autor la información especializada, de hecho, considera que la innovación es un elemento básico de crecimiento.

Dicha transferencia de información especializada genera un sistema de difusión múltiple y complejo que caracteriza la teoría de Pred en algo novedoso respecto a la teoría de lugar central de Christaller (1933). El pilar básico de la teoría de ciudad central era que el traspaso de servicios siempre se daba en orden jerárquico, es decir, de las ciudades de mayor tamaño a las ciudades pequeñas, pero nunca como explica Boix (*op. cit.*) entre ciudades del mismo tamaño ni de una ciudad pequeña a otra mayor. Es por ello que para Pred, las conexiones horizontales (*links* o conexiones entre ciudades del mismo rango, heterarquía) son tan importantes como los vínculos verticales (relación de jerarquía). De este modo, el autor define una red urbana (*urban network*) como la suma de todas las conexiones entre ciudades, las verticales y las horizontales

Posteriormente, Dematteis (1990) investiga que las relaciones jerárquicas entre las unidades urbanas de la región se siguen manteniendo de la misma manera que se estableciesen en el modelo del lugar central (Christaller, 1933), pero la estructura de la red de ciudades cambian. La conclusión a la que se llega es que en el modelo de Dematteis al igual que en el de Pred, existen tanto conexiones verticales, como horizontales, pero estas redes pueden presentar una naturaleza o tipología diferentes, como señala Boix (2003), redes jerárquicas (verticales), redes multicéntricas (policéntricas) y redes equipotenciales (horizontales o heterárquicas), es decir, la única diferencia es la naturaleza de los flujos.

La clasificación que hace Dematteis (1990 y 1991) de las tipologías de redes es la siguiente:

- Redes verticales o jerárquicas. Las redes que se diseñaron en los modelos de lugar central (Christaller, Lösch). Los vínculos son de tipo vertical y por tanto, asimétricos, ya que van desde las ciudades grandes hacia las pequeñas y no a la inversa. Esta tipología de redes exige de una contigüidad espacial entre las partes.
- Redes horizontales o equipotenciales. Las relaciones entre los nodos o unidades de ciudad son simétricas o se aproximan mucho a serlo. Estas redes se caracterizan por tener una transferencia de tipo horizontal, independientemente del tamaño de los nodos y de la localización de cualquier actividad en cualquier nodo.
- Redes policéntricas o multicéntricas. Este tipo de redes tienen relaciones de complementariedad sin tener que ser simétricas o asimétricas.

Un ejemplo de redes de ciudades es el que nos encontramos en el norte de Italia, en concreto en la región del Piemonte y Lombardía.

Como expresa Boix (2003), la definición de red de ciudades es la siguiente:

“[...] sistemas de relaciones horizontales, no jerárquicas, entre centros especializados, proporcionando externalidades de integración complementaria/ vertical o de sinergia/ cooperación entre centros”. (Camagni *et al.*, 1993, p. 1057)

Camagni completa el concepto de sistema de ciudades pero manteniendo como los anteriores, la estructura de nodos y de *links*, pero con ciertas salvedades:

- las relaciones han que ser forzosamente horizontales (es decir, que no haya vínculos de dominancia entre los nodos),
- los centros han de estar especializados y tiene que haber un tipo de economía de escala determinado.

Al igual que Dematteis (1990 y 1991), Camagni (1994) también clasifica las redes según su naturaleza de la siguiente manera (Boix, *op. cit.*):

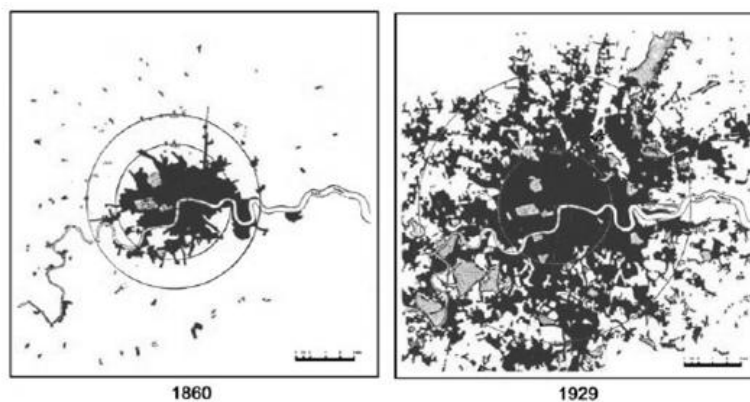
- Redes de complementariedad. Cuando los diferentes nodos de un sistema de ciudades se complementan los unos a los otros debido a la especialización que tiene cada uno, se dividen las funciones del área de mercado global.

- Redes de innovación: pueden considerarse como un caso específico de las redes de sinergia. En este caso, la cooperación es programada, con el objetivo de alcanzar la masa suficiente como para abordar un proyecto.
- Redes de sinergia. Son redes que se caracterizan por unir nodos con actividades productivas semejantes que cooperan sin estar programado previamente. Las redes de sinergia se subdividen en dos:
 - Centros de alto rango, que funcionan como nodos de redes de información, conectando funciones directivas, finanzas y servicios de alto nivel.
 - Centros de menor orden, especializados en las mismas funciones, e interesados en obtener externalidades de la red.

1.4.4. Dispersión /*sprawl*

A partir de la segunda mitad del siglo XX, con la difusión del automóvil, con una importante inversión en carreteras, y con el aumento en los ingresos de las familias, en la ciudad norteamericana se produce un fenómeno conocido como la “disolución de la ciudad”. Sin embargo, estos problemas no son actuales, ya que famosos urbanistas como Cerdá, Howard, Geddes, Le Corbusier elaboraron importantes estudios para intentar reducir las descoordinaciones de las ciudades de su tiempo. La Figura 19 muestra la gigantesca evolución que sufre el Gran Londres en el transcurso de tan sólo 70 años (Arellano y Roca, 2015a).

Figura 19. Evolución de Londres (1860-1929)



Fuente: Arellano et al. (2010)

Arellano *et al.* (2012), comentan en una de sus investigaciones sobre la dispersión urbana que:

“Las redes de urbanización, que sólo unas pocas décadas antes eran elementos aislados en medio de un entorno básicamente rural, ahora impregna la práctica totalidad del territorio, estableciendo un nuevo “paisaje”, en el que los espacios rurales se convierten en “islas” en el seno de un océano caracterizado por su elevado grado de urbanización, cambio que se ha producido en el curso de una generación. Las mujeres y los hombres nacidos en 1950 han sido testigos de la magnitud de los cambios experimentados, caracterizados no sólo por el desarrollo progresivo de la urbanización, sino sobre todo por el continuado incremento en el consumo de suelo por habitante: el proceso denominado urban sprawl”. (p.1)

Los edificios en altura de algunas ciudades americanas, por ejemplo, pueden tener la condición de dispersos y resultar de alta densidad.

Por intentar precisarlo de algún modo, por dispersión se entendería el porcentaje de empleo que no se encuentra ni en el CBD ni en los subcentros, sino que se sitúan en un espacio intersticial, normalmente la periferia de las metrópoli. Dispersión por tanto, se daría cuando el mayor porcentaje de puestos de trabajo se encuentra en la periferia, en zonas de baja densidad a costa de la pérdida de peso de empleo en el centro de la ciudad (CBD) y en los subcentros. Y por último, estas localizaciones de empleo dispersas en la periferia, no tienen por qué realizar ninguna función sobre su entorno a diferencia de lo que ocurre con el policentrismo; ya que éste ha de concebirse también como un conjunto de subcentros que ejercen influencia sobre el resto del empleo.

Como conclusión se puede decir que son muchas las investigaciones y estudios sobre los diferentes enfoques que se han llevado a cabo para intentar abordar el complejo término dispersión, *sprawl*. Como explican García- López *et al.* (2007) hay autores que reconocen la dispersión como:

- una especie de policentrismo,
- otros como un estadio anterior,
- otros, posterior al policentrismo,
- e incluso, algunos la definen como un fenómeno opuesto

Estos mismos autores (*op. cit.*), determinan que una ciudad dispersa es aquella que tiene como rasgos característicos la discontinuidad, la baja densidad y la existencia de subcentros, entre otros.

Rasgos característicos de la dispersión

En un estudio sobre el *Sprawl*, Muñiz *et al.* (2006) enumeran las dimensiones morfológicas que debería tener una estructura urbana dispersa. En primer lugar, una de las principales características de la ciudad dispersa es que predominan zonas situadas en la periferia poco densas con un elevado peso de viviendas unifamiliares (a mayor distancia del centro, menor densidad), el resultado es una gran extensión en forma de mancha de aceite, con el consecuente exceso de consumo de suelo. A continuación, otro rasgo que se identifica en los modelos urbanos dispersos, es el hecho del aumento de la distancia al centro, los elementos fundamentales, empleo y población, cada vez se alejan más del centro y entre sí, presentando una baja proximidad entre ellos. En tercer lugar, y muy relacionada con las dos anteriores, sería la característica de ser áreas periféricas, es decir, la población y la actividad económica se ubican fuera del centro, el cual poco a poco va perdiendo peso. La siguiente característica es relativa a la concentración, ya que son ciudades que presentan numerosos puntos de crecimiento de población y de empleo, haciendo que la cantidad de zonas compactas se vea en disminución. Y por último, uno de los efectos de la ciudad dispersa es el aumento en la fragmentación territorial y funcional (tipologías de viviendas, usos del suelo, etc.), de este modo, los viejos y nuevos desarrollos urbanos se encuentran totalmente desligados, dejando entre unos y otros un vacío.

Finalmente, en el trabajo de Muñiz y García- López (2013), definen el término dispersión como *“un proceso de expansión urbana que implica la descentralización de la población y del empleo siguiendo un modelo: desconcentrado, poco denso, discontinuo y falto de estructura, aleatorio o caótico”*. (p. 190)

Causas de la dispersión

Las causas que provocan los escenarios de las ciudades dispersas se pueden encontrar en factores socioeconómicos de diferentes escalas. Por un lado, a nivel macroeconómico, la economía global ha sufrido un gran crecimiento, lo que ha originado una expansión de la población y del empleo descomedida. La distribución urbana viene, en gran medida, influenciada por los importantes avances en las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), ya que ha modificado hábitos de consumo (proliferación centros comerciales en la periferia accesibles sólo en coche, favorece los asentamientos dispersos, etc.), de trabajo (teletrabajo), que repercuten en la morfología de nuestras ciudades. Hay que tener en cuenta que las políticas que fomentan el sistema de transporte público aumentan la densidad en las zonas de fácil acceso, a la vez que la disminución en los costes de transporte, ayuda a este proceso.

Por otro lado, a nivel microeconómico, el valor del suelo influye en el desarrollo de asentamientos urbanos, el alto precio del suelo en el centro hace que los suelos de uso agrícola, situados en zonas periféricas, sean un incentivo locacional para que se instalen empresas y viviendas.

Y por último, los factores sociales. Existen diversos aspectos negativos de los centros de las ciudades que favorecen la dispersión, tales como, falta de equipamientos, espacios libres, malas condiciones ambientales, problemas sociales, falta de seguridad, etc. Sin embargo, uno de los efectos positivos de la dispersión es que existe un aumento de las rentas familiares, hecho que aumenta la venta de viviendas unifamiliares (segunda residencia) (Martín *et al.*, 2014). Estos problemas llevan a las jóvenes familias a asentarse en zonas periféricas, mientras que en los centros, se quedan otro tipo de colectivos, los ancianos, jóvenes, inmigrantes, etc. La característica general de estos últimos son los pocos recursos económicos. Todo ello lleva a que se produzca una segregación social dentro de los centros históricos de las ciudades.

Efectos de la dispersión

Para finalizar, los efectos que se observan detrás de los procesos de dispersión en las áreas metropolitanas son variados y extensos, no obstante, de modo resumido, se pueden agrupar en tres dimensiones.

En primer lugar, está la perspectiva económica, para la que el modelo de ciudad dispersa es insostenible desde el punto de vista de la ocupación del suelo, ya que como dicen Muñoz y García- López (2013) *“los promotores inmobiliarios no internalizan los costes públicos y externalidades propias de un modelo residencial de baja densidad”*. (p. 190)

Seguidamente, los efectos ambientales que presenta este modelo repercuten de modo muy directo en el sistema de transporte público, ya que al existir cuantiosos puntos de destino, el transporte público se torna ineficiente, en pos de una movilidad basada en el vehículo privado con sus consecuentes efectos nocivos para el medio ambiente (aumento emisión de gases, ruido, contaminación, etc.). Otro punto a destacar sería la excesiva ocupación de suelo debido a la extensión del modelo urbano disperso.

Por último, en la esfera social, sobresalen los problemas de la movilidad limitada de los colectivos con menor renta (jóvenes, mayores, inmigrante, etc.) y la segregación social que produce la dispersión. Sin embargo, de forma paralela, como describe Martí *et al.* (2014), y se verá en el capítulo que viene a continuación, el automóvil, los medios de comunicación rápidos y las mejoras en las infraestructuras adquieren una gran importancia en este momento, lo que hace que se genere una compleja y desarrollada conexión del centro con cualquier lugar.

En base al estudio que realiza Martí sobre la transformación urbana y territorial de la ciudad de Murcia en el año 2014, podemos extraer algunos datos del *urban sprawl* referentes a España.

Por un lado, la cantidad de recursos naturales que consume la ciudad dispersa es cuantiosa, en particular, la cantidad de suelo artificializado entre los años 1990 y 2000 en Europa, ha aumentado en un 25%, a pesar de que la población sólo lo ha hecho en un 6% en los últimos 20 años. (Agencia Europea de Medio Ambiente). De otro lado, bajo ciertos criterios de salubridad, se ha pretendido a lo largo de bastantes años la

imposición del modelo extensivo, caracterizado por unas densidades poblacionales máximas, lo que conlleva a una elevada ocupación del territorio.

Continuando con Martí *et al.* (2012), los resultados realizados sobre el consumo de suelo en la costa alicantina, muestran que el aumento de suelo edificado se destina mayoritariamente a uso territorial, y en concreto, el suelo artificializado localizado en tejido urbano, se caracteriza por ser de viviendas de baja densidad, por estar fragmentado y por no establecer vínculos con los centros metropolitanos.

Según Arellano y Roca (2015) uno de los mejores ejemplos de expansión se encuentra en las periferias metropolitanas de Sudamérica y México (*p.e.* México DF, Sao Paulo, Buenos Aires, Río de Janeiro, Bogotá, Belo Horizonte, Caracas, Medellín, Porto Alegre, Curitiba, Brasilia, Maracaibo o Cali). Sin embargo, las áreas metropolitanas de Asia y África no presentan de modo acusado los problemas originados por el *sprawl*. Finalmente, concluyen con que las periferias de las áreas metropolitanas son el escenario principal de la expansión urbana.

1.5. Síntesis del capítulo

En este capítulo se abordan los elementos fundamentales para entender las estructuras urbanas de nuestras ciudades. Estos componentes son principalmente los usos del suelo, es decir, la actividad realizada en cada coordenada espacial, la localización de cada actividad respecto de las demás, y por último, la densidad de ocupación del espacio. En este capítulo se han tratado los dos últimos.

En la segunda parte se desarrollan las aportaciones de la economía urbana, la ciencia regional y las teorías de la aglomeración para abordar de forma general las teorías de localización de las actividades económicas.

Así, la Economía Urbana ofrece una visión de las teorías de localización en donde la dimensión espacial, la accesibilidad, es entendida como uno de los factores que condicionan la localización de las economías, tratando de explicar la renta del suelo, los usos del suelo, así como la densidad de los usos. Será von Thünen, quien en 1826, establecerá el primer modelo de la localización de usos agrícolas asentando de este modo los cimientos para el estudio de la localización de los usos urbanos. A

continuación, en la segunda mitad del siglo XX, Alonso determinará la localización por usos del suelo según las curvas de renta ofertada de cada sector económico.

Por otro lado, la Ciencia Regional constituye nuevas teorías de localización pero fusionando las antiguas teorías de localización de actividades económicas con las de crecimiento y desarrollo regional, y comportamiento espacial e interacción, estableciendo una serie de jerarquías de interdependencias urbanas en un sistema de ciudades. Todo ello bajo la rigidez de distribución de la forma urbana por el territorio. Dentro de este marco, surgen la teoría de localización de Marshall (1920), caracterizada por una reducción de los costes de producción, generación servicios especializados, atracción de actividades complementarias y fomento de la innovación tecnológica. Posteriormente le seguirá la teoría neoclásica de Weber (1929) que introduce el patrón de localización que seguirán las actividades económicas de carácter no agrícola. Siguiendo estas perspectivas surgen los modelos de competencia entre empresas por la misma área de mercado de Hotelling (1929) y la teoría de lugar central de Christaller (1933) y el modelo de localización industrial de Lösch (1940). Estos últimos autores crean modelos de equilibrio espacial con localizaciones jerárquicas para estudiar cómo se distribuye la actividad económica

Finalmente, las teorías desarrolladas sobre la aglomeración presuponen que la localización de las empresas sea próximas en el espacio con el fin de reducir los costes, el tiempo de transporte y de ese modo aumentar los beneficios y la productividad. En este apartado, se analizan los distintos tipos de economías de aglomeración, a saber, las internas a la empresa (abaratamiento de los costes de unitarios al aumentar la producción), las de localización, desarrolladas por Marshall (1909) y Weber (1929) que hacen referencia a la aglomeración de unidades productivas del mismo sector, las de urbanización, que vienen a explicar la diversidad existente en las áreas industriales lo que origina ventajas productivas asociadas a una gran variedad de proveedores intermedios. Finalmente, aparecen las diseconomías de aglomeración que básicamente son las fuerzas antagónicas a la aglomeración, causantes, del fenómeno de la descentralización urbana de los crecimientos recientes.

La última parte de este capítulo está dedicada al análisis que se ha elaborado acerca de los modelos endógenos y exógenos de las aglomeraciones y de la estructura espacial del empleo, surgiendo estas localizaciones próximas en lugares alternativos al CBD, originándose así, concentraciones descentralizadas del empleo. Los modelos exógenos son característicos de asentamientos con comportamientos del empleo

independiente de la población. Al contrario, los modelos endógenos, reflejan los efectos de la localización del empleo en las decisiones locativas de la residencia. A continuación, se estudian las diferentes distribuciones del empleo y la población en las áreas metropolitanas monocéntricas, policéntricas y dispersas.

Antes de dar paso al capítulo II, y con el objetivo de aclarar conceptos al lector, se procede a exponer brevemente la definición de estructura urbana.

La definición de estructura urbana es amplia y engloba diferentes perspectivas. Las partes principales que se destacan serían (Figura 20): a) La parte morfológica o composición física material, la cual permite definir la disposición y organización de los elementos de la estructura física de la ciudad (la densidad de ocupación espacial); b) La otra parte sería la correspondiente con la organización funcional, que constituye el conjunto de actividades urbanas, económicas, sociales y la manera de relacionarse de éstas con las demás en el tiempo y el espacio cultural.

Figura 20. Esquema del concepto de estructura urbana



Fuente: Elaboración propia

En esta investigación, entendemos la estructura urbana como la localización de las actividades económicas y de la población en cada coordenada espacial. Es decir, analizamos cómo se distribuyen los principales agentes de las ciudades (empleo y población).

En este sentido, y como se exponía en la primera hipótesis, se pretende verificar, que en una distribución del empleo y de la población policéntrica, es decir, ubicada en asentamientos compactos y conectados entres sí, el consumo de suelo per cápita se vería reducido en comparación con un modelo disperso o monocéntrico.

A continuación, se procede a analizar las bases teóricas que se han publicado en la literatura acerca de la movilidad laboral, el transporte y sus territorios.

Capítulo II

Marco teórico de la movilidad laboral

En el Plan Territorial Metropolitano de Barcelona (2010) se explica que paralelamente a los procesos de ocupación del territorio metropolitano por parte de la población y las actividades productivas, las infraestructuras de transporte han sufrido un proceso de extensión territorial similar. La relación entre movilidad e infraestructuras de transporte es especialmente estrecha, ya que cada una de ellas es al mismo tiempo causa y consecuencia del desarrollo de la otra. Así, la mejora de infraestructuras, y sobre todo, del transporte colectivo, ha originado un aumento del número de los desplazamientos, de la accesibilidad y de las distancias recorridas, ofreciendo la posibilidad de elección, por parte de la población y del empleo, del lugar donde instalarse sobre un ámbito territorial más grande. Estas nuevas localizaciones han originado, a su vez, nuevas infraestructuras y nuevas mejoras en la accesibilidad.

Sin embargo, el territorio que mantiene a la movilidad y a las infraestructuras del transporte, ha sufrido en buena medida sus impactos negativos.

En este segundo capítulo, teórico se analizan los elementos fundamentales de la movilidad, las infraestructuras del transporte y los nuevos territorios en donde se asientan, a la vez que se analiza cómo se accede a ellos y su eficiencia.

La estructura del capítulo se compone de un primer apartado de introducción; un segundo apartado, en donde se hará un breve repaso sobre la evolución y la transformación que han sufrido los transportes, sus modos y sus infraestructuras. En tercer lugar, se analizan la estructura territorial, la cultura y la sociedad relacionadas con la nueva movilidad del siglo XXI. A continuación, el cuarto apartado, se realiza un estudio socio-territorial y psicológico de la movilidad, se analizan sus tipos y en concreto, las dimensiones de la movilidad laboral. En el quinto apartado, se abordarán la accesibilidad territorial desde el punto de vista socioeconómico y territorial. Seguidamente, viene el sexto apartado, en el que se desarrollan los costes e impactos que tiene la movilidad sobre el desarrollo sostenible. Y por último, se desarrolla una breve síntesis de los conceptos desarrollados en el capítulo.

2.1. Introducción

El análisis de la movilidad, tal y como lo expresa Albertos Puebla y Salom (2010), se basa en los pilares de la Estrategia Territorial Europea (E.T.E.) de competitividad económica, cohesión social y sostenibilidad ambiental. Será a partir del siglo XXI, cuando la movilidad, según Ascher (2005), es concebida como un derecho y una necesidad, ya que es la llave de acceso al desarrollo social, económico y territorial de las personas, promoviendo además, las relaciones sociales (Levy, 2001), el acceso a servicios básicos y al uso del territorio. De hecho, como dice Le Breton (2006), la movilidad es un elemento que está presente en todas las esferas de la vida cotidiana, es la matriz de todas las experiencias sociales.

Las ciudades de nuestras áreas metropolitanas se están transformando de un modo notable tanto a nivel formal, como funcional, convirtiéndose en territorios cada vez más dispersos y fragmentados. Todo esto provoca cambios en la movilidad y en el sistema de transportes que no existían en la etapa fordista. En concreto, las características de la nueva movilidad son la complejidad, un mayor número de flujos con una elevada diversidad de flujos y sobre todo, la dispersión y dependencia del transporte privado. Además, Miralles (1999) comenta que con los avances tecnológicos, las velocidades, los tiempos y longitudes de los *commuting* son mayores. A pesar de que la velocidad de los medios de transporte es mayor, por las mejoras en los sistemas de transporte, ésta, en vez de acortar los tiempos y las distancias de los viajes, lo que ha contribuido, junto con la descentralización, ha sido a separar las esferas de las diferentes actividades más aún, lo que se traducen en desplazamientos más largos y duraderos en el tiempo. Esta misma autora (*op. cit.*), explica que las políticas urbanísticas, económicas y sociales, han venido fomentando los recorridos largos en vez de cortos, motivados por la separación cada vez mayor de las actividades funcionales, separan y diluyen el espacio, hacen que realmente, el sentido tradicional de la calle, el uso de la misma, se vea obsoleto, de modo que en vez unir, separan. Por tanto, se puede decir que la movilidad, a fin de cuentas, depende tanto de la estructura del territorio, como de los medios de transporte utilizados (Camagni *et al.* 2002).

Será también a comienzo del siglo XXI cuando las ciencias sociales se introduzcan en los estudios teóricos de la movilidad, haciendo que las personas sean el sujeto principal, y los medios de transporte, unas meras herramientas con las que llevar a cabo el proceso de desplazarse de una esfera a otra (Robert, 1980). En este momento

de revalorizar el componente social de la movilidad, según analiza Bettini (1998), es cuando se empieza a dar importancia a los medios de transporte no mecánicos como el ir a pie, con el consiguiente fomento del barrio, la proximidad, etc.

A continuación, Bramley *et al.* (2009) explican que son, la movilidad y el urbanismo, los que condicionan, en cierta medida, la participación de las personas en la sociedad, ya que establecen el grado de accesibilidad que tienen los ciudadanos para desarrollar sus actividades dentro de la ciudad.

Por último, el desarrollo sostenible desde la dimensión ambiental, intenta fomentar el uso de transporte colectivo en vez de transporte privado. Sin embargo, Almaraz (2013) explica que para reforzar estas actitudes se debe primero analizar el transporte privado y extraer las conclusiones negativas del mismo. De tal modo, que se han de realizar las dos visiones a la par; por un lado fomentar el transporte colectivo, y por otro lado, desincentivar el transporte privado.

“La movilidad urbana está adquiriendo un protagonismo creciente. El mundo cada vez se hace más urbano y se desplaza más profusamente (1.800 millones de turistas previstos para 2020). Actualmente, más del 50% de las personas viven en ciudades. En la UE, el 80% de la población vive en zonas urbanas, mientras que en España, lo hace el 70%. La transición urbana hacia la sostenibilidad requiere una nueva cultura de las ciudades y del territorio y un nuevo enfoque ecosistémico, entendiendo los espacios en su totalidad y complejidad”. (Tornés, 2015, p.1)

Para acabar, hay que remarcar que la falta de integración entre los componentes económicos, sociales y ambientales en las políticas públicas, crea discordancias que pueden ocasionar resultados terribles.

2.2. Sistemas de transporte. Tipos. Evolución y desarrollo

El transporte emerge en la ciudad industrial del siglo XIX como un elemento crucial y configurador de la vida urbana en todos los aspectos (Miralles y Cebollada, 2003). Este proceso acontece cuando las actividades productivas se relocalizan en la periferia de las ciudades, siendo el transporte la única vía de comunicación posible entre población y empleo. Desde este momento, la movilidad es considerada transporte, es decir, lo importante eran las máquinas, los medios. Sin embargo, no

será hasta finales del siglo XX cuando el aspecto social se incorpore al mundo del sistema de transportes mediante los avances en tecnologías y telecomunicaciones, en definitiva, las personas son las que realizan los desplazamientos y los medios de transporte pasan a ser meros instrumentos que transportan personas, diferenciándose los unos de los otros en las velocidades que alcanzan y en la dependencia (privados o públicos) (Roberts, 1980). Y un aporte más y fundamental, como señala Bettini (1998), se introducen los medios no motorizados como caminar, la bicicleta o el caballo, gracias a un deseo por obtener unas ciudades más sostenibles.

2.2.1. Evolución de los medios de transporte en la ciudad

En este apartado se expone la línea cronológica de la evolución de los medios de transporte recogida en el libro escrito por Miralles (2002) “Ciudad y transporte un binomio imperfecto”.

De 1850 a 1870: medios no mecánicos

Este periodo viene caracterizado por una velocidad “lenta” y continua, que irá desde ir a pie, hasta el transporte en bicicleta, con una velocidad máxima de 14km/h. Como dice Miralles (*op. cit.*), esta etapa es un momento en el que el tiempo y el espacio son proporcionales, debido prioritariamente a la ausencia de avances tecnológicos. Además, los medios no mecánicos requieren de un esfuerzo físico para producir el movimiento.

El primer medio fue el ir a pie, como bien es sabido, es el medio más utilizado y de fácil acceso a gran parte de la población en este periodo. La configuración de la estructura de las ciudades hacía posible recorrerlas en toda su amplitud como máximo en una hora. Sin embargo, a pesar de su uso generalizado, se le ha considerado como un medio de transporte que posibilita el acceso a los medios de transporte motorizados. Afortunadamente, y bajo perspectivas de carácter medioambiental y social, el caminar se está promoviendo como un medio de los más eficientes ambientalmente

A continuación, el caballo, ha sido durante un extenso periodo el medio de transporte utilizado para realizar desplazamientos largos en los que era necesaria una fuerza mayor que la del ser humano, bien por las distancias del trayecto como se ha mencionado, bien por el peso de la mercancía que se quisiera transportar. Del caballo, o coche de caballos, se evolucionaría al ómnibus, hecho que hizo que la velocidad que se había alcanzado antes, llegara a duplicarse, sin embargo, debido a los costes de este medio de transporte, fue principalmente usado por la clase adinerada.

Por último, la bicicleta, llegó a finales del siglo XIX, y a pesar de su elevado coste, empezó a popularizarse dentro de la esfera masculina por dos motivos, por su gran velocidad hasta el momento (14km/h) y por la gran independencia que aportaba, muy útil sobre todo en ciudades con orografía plana.

De 1870 a 1930: medios de transportes ferroviarios

En esta etapa, Miralles (2002) comenta que la ciudad presenta dos espacios bien diferenciados. Por un lado, estaría el centro, el lugar más conectado gracias a que en él acaban todas las líneas ferroviarias; y por otro lado, el resto de la ciudad que queda entre las líneas de infraestructuras, en donde aún el medio de transporte predominante continúa siendo el ir a pie. Las líneas de transporte segregado, tren y metro, que conectan con el centro, suponen un aumento en la velocidad de comunicación, por lo que la relación espacio- tiempo aquí sí se ve modificada, ya que se recorre más espacio en menor tiempo. Donde permanece igual que en el periodo anterior es en las zonas fuera del centro.

El primero, el tren, como dice Miralles (2002, p.55) “*surge en Inglaterra a principios del siglo XIX como respuesta a las nuevas exigencias del sistema y la sociedad industrial, que necesita desarrollar un método eficiente y económico para transportar grandes cantidades de mercancías*”.

A pesar de la evolución en diseño y velocidad (ha llegado a alcanzar los 200 km/h) que ha tenido este potente medio de transporte, al final de esta etapa (1930), pierde importancia frente a otros medios más desarrollados como lo eran el avión o el automóvil. No obstante, el tren es considerado como uno de los medios de transporte

que reúne beneficios tanto a nivel ambiental, como social y económico, por lo que es considerado como el medio de transporte del siglo XXI.

El segundo medio de transporte, el tranvía, es el medio que más ha modificado las ciudades, ya que su diseño se ha trazado dentro de la misma, debido a su carácter eminentemente urbano. Los primeros surgen a finales del siglo XIX, y llegaron a alcanzar una velocidad de unos 12 km/h, siendo el tiempo máximo estimado para recorrer toda la ciudad de una hora. Toda la infraestructura y las numerosas paradas, hacían que este medio de transporte fuera muy costoso. Finalmente, hacia el 1930, el tranvía fue perdiendo presencia debido al aumento del tráfico de automóviles y autobuses, además de algunas limitaciones como la escasa capacidad o la baja velocidad.

Es por ello que como solución a esta serie de problemas aparece otro medio de transporte en esta etapa de infraestructuras fijas, el metro. Se trataba de un tren bajo tierra, lo que hacía que la distribución de su trazado no estuviera sujeta a tantas restricciones como las tenía el tranvía. Este hecho, hizo que la dispersión urbana se viese favorecida, ya que hasta entonces ciertos puntos del área metropolitana sólo tenían acceso mediante el transporte privado. El metro llegó a alcanzar una velocidad máxima de 40 km/h.

A partir de 1950: medios de transporte viarios

Este periodo es conocido por la llegada del motor de combustión interna, elemento que introduce medios de transporte que aportan una velocidad variable y muy superior a los medios que existían hasta entonces. Además, al ser transportes que podían circular libremente, es decir, que no estaban sujetos a trazados previos, supuso otro factor que favorecía la dispersión de la ciudad, ya que la libertad de movimiento no encontraba límites.

El primer medio de transporte a motor de explosión fue el autobús, y apareció en los inicios del siglo XX. Su característica principal, además de tener una gran capacidad y llegar a velocidades de hasta 80 km/h, es que es un medio de transporte viario urbano e interurbano. Como se ha dicho antes, es un medio que tiene una velocidad variable, ya que al compartir espacio con otros medios como los automóviles, bicicletas y

peatones, la velocidad, sobre todo en el centro de las ciudades, debido a la congestión, se podía ver reducida notablemente.

El otro gran transporte a motor y medio privado por excelencia es el coche. Aparece a finales del siglo XIX en Alemania, pero será a principios del siglo XX cuando se popularice en EE.UU. y más tarde, llegará a Europa. Mantiene las mismas ventajas que el autobús, libertad de movimiento y una alta velocidad (variable a congestiones y cambios ambientales del entorno), a pesar de tener algunos inconvenientes. De capacidad reducida, el coste es una de las desventajas más notables, ya que no todo el mundo puede permitirse la compra de uno, junto con la necesidad de tener una licencia, edad, etc. para poder conducirlo (Miralles, 2002).

2.2.2. Infraestructura del sistema de transporte, estructura y cambios urbanos

Infraestructura de sistema de transporte. El caso de España

El transporte tiene una dimensión predominantemente espacial: *“Los desplazamientos permiten realizar por unidad temporal un determinado recorrido que supone, en mayor o menor medida, la superación parcial de los obstáculos derivados de la distancia (expresión clave de la magnitud física del espacio), pudiendo así hacerse abstracción del espacio”*. (Martín Urbano, 1993, p. 84)

El análisis desde el enfoque del concepto de transporte, estudia la casuística en torno a las infraestructuras y los servicios, la organización de las redes y los sistemas, que proporcionan los desplazamientos de pasajeros y de mercancías, en el territorio y a través de diferentes modos de transporte (Blanco *et al.*, 2014). Los sistemas de transporte son *“herramientas para el dominio del espacio y respuestas al obstáculo de la distancia, son creadores de continuidades al permitir las conexiones, los contactos, las complementariedades y las interacciones sin las cuales ningún sistema socio-espacial podría funcionar”*. (Bavoux *et al.*, 2005, p.5)

Con esto, como dice Blanco (2010), las características de los sistemas de transporte y su organización, influyen de manera directa en la estructuración y dinámica de la ciudad, ya que atribuye puntos de accesibilidad y valorización en diferentes lugares del espacio urbano.

La inversión en servicios de transporte e infraestructuras origina modificaciones en la accesibilidad. Tal y como expresa Offner (1993), las infraestructuras de transporte han actuado como un catalizador de procesos de transformación y de recualificación, llamados como los "efectos estructurantes" del transporte en correspondencia con el espacio urbano.

Las infraestructuras de transporte suponen un elemento crucial para la movilidad de personas y bienes, ya que condicionan la accesibilidad territorial, que a su vez, interviene en el coste del desplazamiento y, finalmente, determina el reparto modal. El objetivo primordial para una óptima integración social y una competitividad económica pasa por alcanzar una buena dotación de infraestructuras del transporte.

Las infraestructuras españolas presentan características contrapuestas, por un lado se han quedado obsoletas, por el otro, son ejemplo de la más avanzada modernidad. A continuación se detallan algunas de ellas.

- La orografía de la Península Ibérica, abrupta fundamentalmente en todo el país, y con una altitud media elevada, provoca que el trazado y construcción de las infraestructuras (carreteras, autopistas, vías férreas, aeropuertos, etc.) conlleve un alto coste y nivel de ejecución, ya que se convierte en necesaria la utilización de estructuras como túneles, viaductos o puentes para llevarlas a cabo.
- España es un país radiocéntrico, cuyo centro es la capital madrileña. Esta configuración afecta tanto a la red de carreteras, como a la red ferroviaria. De igual modo, al ser Madrid origen y destino de numerosos vuelos, nacionales e internacionales, el transporte aéreo también se ve afectado por este trazado radial.
- Los sistemas de transporte españoles sufren un desequilibrio modal, siendo el transporte de carretera el que más está desarrollado, produciendo una sobrecarga en el transporte de personas y de mercancías.
- A nivel territorial también existen desequilibrios entre las distintas autonomías, estas variaciones responden al nivel de desarrollo de las regiones, es decir, a la densidad y calidad de las infraestructuras. Las regiones con más desarrollo, tienen mejores comunicaciones.

Por otro lado, el parque de vehículos se mide según el índice de motorización, que es el número de vehículos por habitantes de un país, y viene a reflejar la situación

económica del mismo, existiendo una correlación positiva entre el índice con el crecimiento económico del país. Sin embargo, es cierto, que actualmente estas tendencias están cambiando, de modo que en los países europeos desarrollados, el nivel económico no se mide por el índice de motorización, sino por la antigüedad y calidad del parque de vehículos. A diferencia, se encuentran los países europeos que están en las primeras vías de desarrollo, que carecen de una oferta alternativa al automóvil caracterizada por la calidad de su sistema de transporte público. Estos avances se han logrado gracias a los cambios en la elección de los modos de transporte, favoreciendo el transporte público y mejorando la oferta y calidad del sistema ferroviario y aéreo, y a las nuevas políticas fiscales de carreteras.

“En España el parque de vehículos es de 670 vehículos por cada 1.000 habitantes (datos 2008). Por otra parte, el incremento del parque de vehículos se ha producido de forma acelerada tanto por el aumento de la población como, sobre todo, por el del grado de motorización, ya que se ha pasado de 316 vehículos por cada 1.000 habitantes en 1.986 a los 670 vehículos por cada 1.000 habitantes, en la actualidad”. (ESTT-OEP, 2011, p. 3)

Estructura y cambios urbanos en las ciudades del automóvil

Las estructuras de las ciudades han ido cambiando, en concreto, el modelo de ciudad anglosajona que se ha retomado recientemente, produce unos cambios en las infraestructuras, y por tanto, en los sistemas de transporte. Este nuevo paradigma, caracterizado por un extenso crecimiento de baja densidad en el territorio, ayuda a que la utilización del automóvil se haya visto incrementada, además, a este hecho contribuye la sectorización de usos del suelo que viene derivada de la carta de Atenas de Le Corbusier.

En España, aparte de grandes extensiones de viviendas unifamiliares retomadas del mencionado modelo anglosajón, la separación de usos del suelo se ha focalizado más en una planificación urbanística que impulsaba el desarrollo industrial, sobre todo a partir de los años 60, con la aparición de los polígonos industriales, dejando de lado, sin embargo, la movilidad no motorizada.

Otro fenómeno urbanístico que ha cambiado la estructura urbana de las ciudades ha sido la acentuación de los desarrollos urbanos de segunda residencia, en especial, en el caso español, en el que la costa mediterránea y las islas, tanto las Canarias, como las Baleares, presentan una transformación territorial acusada, produciendo efectos nocivos a nivel ambiental. En los últimos años, algunas zonas del interior de la península también han sufrido este hecho.

“Las migraciones de mediados de este siglo han concentrado la población en la costa española y en unas pocas ciudades del interior, quedando despobladas grandes extensiones. Por ejemplo, la Comunidad de Madrid tiene 8.000 Km² de superficie en los que vive una población de 6.000.000 de personas similar a la que lo hace en Castilla-León, Castilla-La Mancha y Extremadura juntas, cuya superficie total es de 215.000 km² (casi 27 veces mayor) y cuyo parque conjunto apenas supone el 80% del madrileño”. (ESTT-OEP, 2011, p. 20)

2.2.3. Reparto modal

Como ya se ha ido comentando a lo largo del capítulo, el modelo territorial de ciudad dispersa, difusa y fragmentada tiene una configuración, espacial y de redes de flujos, muy compleja, lo que conlleva a unos patrones de movilidad determinados y a un reparto modal muy concreto.

Ya se ha visto que a partir de los años 70, en Europa, se empieza a presentar de forma masiva el coche, de modo que se vuelve un elemento cotidiano y no de lujo como lo había sido hasta entonces. Esta facilidad de acceso al automóvil, supone varios cambios motivados principalmente por; una libertad de movimiento que hace que las ciudades se expandan de forma dispersa; por otro lado, el número de viajes diarios se vea incrementado; y por último, por un aumento en el número de viajes que antes se recorrían con medios no motorizados (caminar o la bicicleta) y ahora, se hacen en coche. De este conjunto de transformaciones, lo resultante es una ciudad en la que el vehículo privado es el eje principal, generando de este modo ciudades invivibles, llenas de contaminación, accidentes, ruido, etc., en definitiva, ciudades con una pérdida de calidad de vida y de convivencia, en las que tan sólo en las periferias se puede encontrar el estilo de vida que ya se ha perdido, ciudades vivibles: con zonas de prioridad peatonal, peaje por aparcar o circular, restricción de acceso a los centros

urbanos, etc. El resultado es que los centros históricos vuelven a atraer viviendas de calidad, comercios, actividades de ocio, etc.

Miralles *et al.* (2012b) explican las causas por las que el uso del transporte privado es más utilizado que el público en las ciudades actuales. En primer lugar, Goldberg (1999) y Gregory (2002) comentan que una de los factores son las dinámicas urbanas recientes asociadas a suburbanizaciones masivas unidas a las bajas densidades de población. A continuación, Garreau (1992) dice que las metrópolis han sufrido una reestructuración interna que las ha llevado a adoptar formas policéntricas. Y en último lugar, la concentración de los lugares de trabajo en zonas periféricas, tal y como lo dicen Anas *et al.* (1998) y Cervero y Wu (1998). Es justo aquí, en las periferias, donde Ascher (1995) dice que empiezan a aparecer elementos metropolitanos funcionales dispersos y unidos por la red viaria de alta capacidad y donde el uso del vehículo llega a una elevada dependencia.

Desde la perspectiva opuesta, cabe constatar que en las ciudades con rentas más elevadas, se usan más los modos sostenibles (transporte público, andar y bicicleta) con una menor utilización del coche, contrariamente a lo que cabría suponer. Este hecho se debe a que estas ciudades tienen una mejor oferta de transporte público, a la par que ha aumentado la conciencia de apostar por la calidad del espacio urbano: prioridad peatonal, restricciones al coche, etc.

Dentro de los patrones de movilidad que se pueden desarrollar en este modelo urbano, cabe destacar la potencia de dos especialmente. El primer grupo de movilidad es el conocido como movimientos radiales periferia-centro. El reparto modal de este modelo de movilidad suele estar servido por transporte colectivo (autobús, ferrocarriles, etc.), siendo éste altamente eficiente, ya que desde cualquier punto situado en la periferia, preferiblemente con unas densidades elevadas, todos los recorridos convergen en el centro. El segundo grupo de patrón de desplazamientos es el asociado a movimientos periferia-periferia, o desplazamientos transversales u orbitales. Este tipo de patrones de movilidad, son característicos de modelos de crecimiento disperso, con numerosos lugares de destino, población dispersa, pérdida de importancia del centro de la ciudad, por lo que los desplazamientos ya no convergen en el centro. Debido a esta serie de condicionantes, el vehículo privado es con el que fundamentalmente se realiza este tipo de viajes en las nuevas metrópolis.

Es por ello que, las ciudades actuales son consideradas las ciudades del automóvil. En estudios realizados por Cebollada *et al.* (2004) señalan que según cómo se organice la estructura espacial de la ciudad, las pautas de movilidad de las personas y los desplazamientos cotidianos que tienen que llevar a cabo, se verán condicionados. De tal manera que, en unas áreas metropolitanas más densas, con una óptima oferta del transporte público, con un buen diseño urbano que permita el uso de medios de transporte no motorizados y con una distribución de usos más diversificada, la dependencia del coche privado será menor, que en las áreas urbanas con características de dispersión y fragmentación, en donde el abastecimiento y eficiencia del transporte público es más difícil y escasa.

Estos autores (*op. cit.*), clasifican el territorio urbano en tres tipologías según el reparto modal y accesibilidad que existan en el mismo, de la siguiente manera. En un primer lugar, las áreas centrales presentan una buena dotación de transporte público, son zonas compactas y tienen diversidad de funciones (residenciales, terciarias e incluso industriales). Después vendrían las áreas semiperiféricas, que se caracterizan por tener menos oferta de transporte público. Su organización espacial aún es algo compacta y multifuncional, aunque menos que la ciudad central. Y por último, las áreas periféricas, caracterizadas por la baja densidad y la especialización funcional, contienen muchas carencias en la oferta del transporte público, haciendo el uso del coche privado el mayor y más flexible medio de transporte de estas zonas. En palabras de Banister (2008), en estos lugares, es donde las políticas públicas deberían poner la voluntad de establecer unas pautas de repartos modales más sostenibles, es decir, aumentar la presencia de zonas para el transporte no motorizado y público.

Kaufmann (2000) establece unos criterios por los cuales define cuatro modelos de movilidad y de vida según las posibilidades de uso del territorio y de los distintos medios de transporte. De tal manera que quedarían como se expresa en la siguiente Tabla 3 (Miralles y Martínez, 2012a).

Tabla 3. Formas de moverse y modelos de vida según el territorio

Áreas urbanas	Modelo de vida	Formas de moverse
Centrales	Ciudadano	No motorizado y transporte colectivo
Semiperiféricas	Metropolitano	Vehículo privado y transporte colectivo
Periféricas	Rural	Vehículo privado y no motorizado

Fuente: Elaboración propia en base a Miralles y Martínez (2012a) en función a Kaufmann (2000)

Las autoras (*op. cit.*), describen los tres modelos de vida clasificados por Kaufmann (2000). El primer modelo, es el modelo de vida ciudadano, que se ubica en áreas urbanas centrales, las cuales presentan una estructura urbana más compacta, tiene una mayor oferta de transporte público y mejor accesos a bienes y servicios. En estos lugares, es en donde mejor se desarrollan las políticas de proximidad, que como ya se ha comentado anteriormente, Jacobs (1961) decía que los barrios son los espacios en donde se propicia la aglomeración espacial de las actividades cotidianas, se genera un uso intensivo del territorio, diversidad de usos y funciones. Estos lugares se caracterizan por presentar patrones de desplazamientos cortos y próximos, realizados en su mayoría por vehículos no mecánicos y próximos (Marquet y Miralles, 2014).

El segundo modelo, es el modelo de vida metropolitano, se encuentra asociado a áreas semiperiféricas, en donde el predominio de los desplazamientos es con vehículo privado y mediante transporte colectivo, ya que los desplazamientos son de larga distancia y por tanto, imposibles de realizar mediante medios no motorizados (Miralles y Martínez, 2012a). En el caso anterior, las relaciones eran de proximidad física, en este caso y en el que se verá a continuación (el modelo rural), no son así. Tal y como siguen señalando las autoras (*op. cit.*), este modelo de vida presenta dos tipos de desplazamientos, por un lado, los que van al centro (semiperiferia-centro), que se pueden resolver mediante medios de transporte colectivo, y por otro lado, los desplazamientos transversales (semiperiferia-semiperiferia, semiperiferia-periferia) que se llevan a cabo con vehículo privado debido a la falta de entramado de transporte público.

Y por último, el modelo de vida rural, se ubica fundamentalmente en zonas periféricas, en torno a la ciudad metropolitana y sobre antiguos núcleos urbanos muy densificados últimamente que ya han sido absorbidos dentro de los sistemas urbanos (Miralles y Martínez, 2012b). Los desplazamientos se realizan básicamente con vehículo privado. En estas zonas, es donde mayor grado de movilidad transversal existe, ya que el transporte público no es lo suficiente eficiente como en sus recorridos tipo centro-periferia. Junto con el uso del automóvil convive el uso de desplazamientos a pie, ya que la escala permite relaciones de proximidad física.

Como se ha visto en el apartado referente a los nuevos territorios, las áreas metropolitanas de la actualidad se han convertido en territorios con grandes áreas periféricas monofuncionales y desconectadas de la ciudad central, caracterizadas por la baja densidad y de origen especialmente rural. Estos factores contribuyen al uso dependiente del vehículo privado, lo que se traduce en territorios en donde la contaminación y la exclusión social son los protagonistas (Miralles y Martínez, 2012b).

Estas mismas autoras (*op. cit.*) elaboran una tabla en donde se muestra con más detalle los medios de transporte más apropiados para realizar los viajes entre las diferentes áreas urbanas.

Tabla 4. Tipos de medios de transporte utilizados en los desplazamientos entre las diferentes áreas urbanas

Área urbana	Central	Semiperiférica	Periférica
Central	No motorizado y transporte colectivo	Transporte colectivo	Vehículo privado y transporte colectivo
Semiperiférica	transporte colectivo	Vehículo privado	Vehículo privado
Periférica	Vehículo privado y transporte colectivo	Vehículo privado	No motorizado y vehículo privado

Fuente: elaboración propia en base a Miralles y Martínez (2012b) en función a Cebollada (2003)

Cebollada (2003) establece los tipos de medios utilizados en los desplazamientos entre las diferentes áreas urbanas. Se podría decir que globalmente se subdividen en

dos grupos, uno de ellos representado por las zonas centrales (en la Tabla 4 aparece con línea de puntos), caracterizadas por una riqueza en la diversidad de usos y funciones, gran oferta de transporte colectivo y potenciación de la proximidad física, es decir, en estas zonas se pueden realizar todas las actividades cotidianas (ir a trabajar, ocio, estudiar, comprar, recoger niños, tareas administrativas, salud, etc.) sin salir de ellas. Esto hace que como se puede observar en la tabla, los medios de transporte más utilizados en estas áreas sean el transporte público y el ir a pie o en bicicleta (medios de transporte no motorizados).

El segundo grupo, correspondería a las zonas fuera del centro metropolitano, áreas semiperiféricas y periféricas. Como ya se ha ido describiendo más arriba, estas zonas se caracterizan por tener una menor densidad tanto de población, como de usos, y es muy probable que para llevar a cabo todas las actividades cotidianas, sea necesario desplazarse a otros lugares. Estos desplazamientos son más largos y tienen dos direcciones, una dirección es hacia el centro, con el uso de medios de transporte autónomos (colectivos), y la otra dirección es para zonas periféricas o semiperiféricas, que al presentar una fragmentación territorial y una dispersión de los destinos, el medio más utilizado es el dependiente (vehículo privado). Por último, decir que para los desplazamientos dentro de una misma área, el uso de medios no motorizados (bicicleta, caminar, etc.) son frecuentes, debido en parte, a la escala urbana de estos territorios.

2.3. Rol de la estructura urbana y las transformaciones de la sociedad sobre la movilidad contemporánea

Las ciudades actuales, como ya se ha ido mencionando a lo largo del capítulo, han sufrido, y están sufriendo, cambios a nivel metropolitano debido a diversos factores que afectan de modo contundente a los patrones de movilidad. A continuación, se analizarán dos de los factores que se han considerado que resaltan más debido a que son los protagonistas de la movilidad, por un lado, quién la lleva a cabo, las personas, y por consiguiente, las transformaciones en la nueva sociedad; y por otro, dónde se inscriben los patrones de la movilidad, en los nuevos territorios de nuestras ciudades. Sin embargo, se dejarán aparcados otros factores que, a pesar de que entran en el discurso de las nuevas movilidades, no son el centro de la presente investigación.

Por enumerar algunos, dichos factores pueden ser los avances tecnológicos tanto en telecomunicaciones, como en transportes, nuevos patrones de consumo, de ocio, una nueva organización de la productividad, etc.

2.3.1. Nuevas estructuras territoriales de la movilidad

Las profundas transformaciones estructurales de los nuevos territorios en Europa están provocando que las ciudades compactas y tradicionales europeas se dispersen y fragmenten, presentando unos límites y unas periferias más extensas y difusas, lo que conlleva a que se asemejen notablemente a las ciudades norteamericanas, en las que la dispersión, la baja densidad residencial, zonas de ocio y centros comerciales aislados estén articuladas bajo una red de autopistas en donde la movilidad se realiza masivamente con vehículo privado (Gutiérrez Puebla y García Palomares, 2005).

Estos autores (*op. cit.*), realizan una distinción espacial en los cambios de las estructuras territoriales de Estados Unidos, Europa y, en particular, las ciudades de la costa mediterránea. Es interesante ver cómo a pesar de pasar por los mismos procesos de transformación, los caminos que ha seguido el urbanismo en cada uno de estos lugares es completamente distinto. Sin bien es cierto, con los actuales cambios, están dirigiéndose hacia un mismo punto que se ampliará más adelante, la expansión, la dispersión y la fragmentación.

En Estados Unidos, a partir del 1920, las ciudades norteamericanas se caracterizaban por presentar dos zonas bien distintas pero con un patente carácter monocéntrico: una en torno a un centro urbano muy denso cuya función fundamental era la económica, política y cultural, el CBD; y la otra zona, en la periferia, con función básicamente residencial de baja densidad, en donde residían sobre todo las clases medias. Esta distribución espacial de la actividad económica en el centro, y de la población en la periferia, originó patrones de movilidad periferia-centro, la población al descentralizarse del centro, debía seguir yendo para acudir a su lugar de trabajo. Debido a que la población se encuentra totalmente dispersa en la periferia, el único medio de transporte que es capaz de abarcar tal extensión es sin duda el automóvil. No obstante, durante las últimas décadas las ciudades norteamericanas están acentuando la descentralización de la población, dando lugar a las conocidas *edge cities*, o estructuras multipolares, en donde a diferencia de lo que ocurre en el modelo

monocéntrico, se produce una recentralización tanto del empleo, como de la población en la periferia pero agrupada localmente en subcentros, a la par que el centro cada vez pierde más y más empleo, hasta llegar a cifras de no superar el 10% del empleo de todo el área metropolitana (Ingram, 1999).

En el norte y centro de Europa, el proceso de transformación espacial de las ciudades fue similar pero el resultado no fue tan radical como en Estados Unidos. Los centros europeos eran mixtos en cuanto a usos y funciones, y no sólo de actividades terciarias como ocurría en Norteamérica. Las periferias también se diferenciaban en que no presentaban unas densidades tan bajas ni dependían tanto del transporte privado. En las ciudades europeas mediterráneas, tal y como expresa Wehrhahn (2001), la urbanización periférica es la característica de estas ciudades. Las periferias de las mismas presentaban una elevada densidad residencial, y estaban muy vinculadas al transporte colectivo, con carácter de ciudad dormitorio al igual que el modelo anglosajón. Sin embargo, en los centros, a diferencia de las ciudades norteamericanas, la densidad residencial y de población seguía siendo elevada, de tal modo que los centros continuaban teniendo su característica de lugares compactos y muy diferenciados con el campo (Dematteis, 1998). Por otro lado, también se encontraban desarrollos periféricos de baja densidad en donde la clase adinerada se establecía para tener un contacto con el campo, del que el centro de la ciudad estaba drásticamente separado. No obstante, al igual que le ocurre a las ciudades estadounidenses en la actualidad, todas están convergiendo hacia metrópolis difusas, lo que supone un abandono del antiguo modelo compacto.

Las transformaciones que se acaban de examinar, se deben a diversos factores que globalmente originan estas evoluciones espaciales, pero serán tres las que de un modo más predominante den forma a las actuales áreas metropolitanas. Como explican Gutiérrez Puebla y García Palomares (2005), dichos factores son:

- La expansión, es el primer elemento característico, las nuevas periferias de las metrópolis en Europa cada vez abarcan más territorio y se produce lo que se había visto en las ciudades norteamericanas, la aparición de subcentros, en donde el aumento de la población y de la actividad económica cada vez es mayor.
- Como cita Dematteis (1998), la urbanización de la periferia se presenta cuando la expansión territorial de la población y de la actividad económica, se produce

de modo disperso, haciendo que el área metropolitana aumente de tamaño, incluso, sobrepasando sus límites.

- El último elemento que configura los nuevos territorios es la fragmentación. Las ciudades actuales, difusas y sin límites, se encuentran fragmentadas interiormente, siendo el único elemento de articulación el sistema de autopistas metropolitanas. Esa fragmentación se refiere tanto a las zonas residenciales, como a las áreas funcionales.

Estos mismos autores (Gutiérrez Puebla y García Palomares, 2005), señalan que la ciudad contiene dos tipos de fuerzas. Por un lado, están las fuerzas de atracción sobre ciertas actividades que se dan en las áreas periféricas, como son los equipamientos, parques tecnológicos, centros comerciales, etc. que aparecen tras la función residencial, siendo éstas como complemento de la misma. Estas actividades se ubicarán en los límites de las áreas residenciales o exentas, pero conectadas por el sistema viario, de tal modo que el paisaje del territorio es como un lienzo salpicado de estructuras. Por otro lado, en la ciudad aparecen fuerzas repulsivas, que anteriormente estaban presentes en el centro de las ciudades y que afectan a la función residencial, los polígonos industriales, centros de ocio, etc. Sin embargo, aquellas actividades con valor económico no las dejan escapar, son las que se refiere a aquéllas que se benefician de las externalidades de aglomeración.

Estas nuevas periferias y estos nuevos conglomerados funcionales, los subcentros, empiezan a generar unos patrones de movilidad y conductas muy diferentes a los del modelo tradicional monocéntrico, acercándose de forma indudable al modelo policéntrico. Se debe en mayor medida a la no dependencia del centro y a la influencia que se establece en torno a los subcentros, de tal modo, que no es necesario recurrir a la ciudad central, sino que estando próximo a uno de los subcentros todas las necesidades se encuentran cubiertas (Filion *et al.*, 1999).

De este modo, empieza a constituirse una metrópolis mucho más compleja y extensa que la que existía originariamente. Se pasa primero, de un territorio acotado, con un centro dominante y una periferia escasa; a otro escenario en donde el centro pierde un poco de poder en pos de que la periferia gane peso demográfico y se extienda y disperse, difuminando sus límites. Por último, el paso posterior sería en el que la ciudad central pierde prácticamente todo su peso en términos de población y empleo, y estos se concentran en las nuevas periferias difusas, pero reconcentrándose

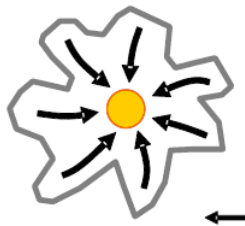
localmente en los subcentros y generando una influencia en su entorno (Roca *et al.*, 2009).

El panorama final sería el de una red enmarañada que une los distintos puntos de la nueva y compleja área metropolitana. Dicha red de flujos sería, tal y como lo describe Dupuy (1995), densa, compleja, laberíntica y de gran capacidad, que por motivos obvios, iría exclusivamente orientada al transporte privado, ya que abastecer tal extensión territorial con transporte colectivo es una ardua tarea. Este mismo autor (*op. cit.*), denomina a estos lugares como los territorios del automóvil.

Bertaud (2002), plantea que existen diferentes patrones de movilidad cuando suceden los flujos en distintos tipos de estructuras urbanas. Como se analizó en el capítulo I, las estructuras pueden tender hacia el monocentrismo, hacia el policentrismo o hacia la dispersión, si bien es cierto que ninguna ciudad es completamente ni monocéntrica, ni policéntrica. De este modo, Aguirre y Marmolejo (2009) explican que Bertaud señala que según dónde se ubique la mayor cantidad de destinos predominantes de viajes obligados, estaremos ante un tipo de estructura u otro. En un intento de clasificación, el autor (*op. cit.*) define de forma teórica, tres grandes estadios de patrones de movilidad:

- Una ciudad con preponderancia central y sin subcentros identificables, la mayoría de los viajes obligados van desde la periferia hacia el CBD. Esta categoría correspondería con un modelo de ciudad monocéntrica (Figura 21).

Figura 21. Relación entre el modelo urbano monocéntrico y la red de flujos



Fuente: Bertaud (2002)

- Una ciudad a medio camino entre las monocéntricas y las policéntricas (mixto). Este modelo corresponde a jerarquías no bien definidas, ya que el CBD mantiene su jerarquía atrayendo los viajes, pero los subcentros también compiten con él, aunque no de forma equipotencial (Figura 22).

Figura 22. Relación entre el modelo urbano mixto y la red de flujos



Fuente: Bertaud (2002)

- Una ciudad basada en un sistema policéntrico equipotencial, donde no existe una preponderancia del CBD respecto a los subcentros, ni entre estos últimos. Esta categoría correspondería con el modelo de ciudad policéntrica (Figura 23).

Figura 23. Relación entre el modelo urbano policéntrico y la red de flujos



Fuente: Bertaud (2002)

Finalmente, se podría concluir que los cambios espaciales en las estructuras territoriales afecta de modo decisivo sobre los patrones de movilidad cotidiana de las personas. Ante la dispersión, extensión, fragmentación y complejidad de la nueva metrópolis y de su sistema de redes, el reparto modal de los viajes se puede dividir en tres grandes grupos. El primero, sería el patrón que se origina en los modelos más tradicionales, los llamados monocéntricos, en los que predominan los viajes radiales tipo periferia- centro. Este tipo de viajes puede ser abastecido por transporte colectivo ya que todos apuntan hacia el centro (siendo los medios de transporte como el autobús y el ferrocarril los más usados). Se suele dar cuando las periferias presentan grandes densidades poblacionales. El segundo grupo, sería el que correspondería con los patrones de movilidad periferia-periferia con flujos orbitales, pertenecería a un modelo estructural disperso y fragmentado en donde el modo de transporte utilizado sería el automóvil, ya que la eficiencia del transporte público en este caso sería baja. Y por último, el tercer grupo, el que concierne a los modelos de estructura urbana

policéntrica cuyos patrones serían subcentro-subcentro y subcentro-centro, y viceversa. La movilidad en este caso se caracteriza por ser bidireccional y por presentar una jerarquía equipotencial entre los subcentros y el centro, de tal manera que presentan viajes radiales y orbitales, es decir, los que conectan los subcentros entre sí (Orfeuill, 2004), los cuales pueden llevarse a cabo por transporte colectivo aunque por su flexibilidad, el automóvil tiene un gran uso a la hora de realizar los desplazamientos.

2.3.2. Nuevas sociedades y culturas de la movilidad

Una vez terminada la Primera Transición Demográfica con el fin de la Segunda Guerra Mundial (1945), llega la Segunda Transición Demográfica, marcada por ciertos factores socio-demográficos y culturales entre los que cabe destacar los más importantes como, una baja mortalidad, una baja fecundidad y tardía, una alta migración que afecta de modo particular a los países industrializados, un aumento de los divorcios y de las familias monoparentales y la emancipación e inserción de la mujer al mundo laboral e intelectual, el envejecimiento de la población, etc. Estos factores, que denotan un deseo de individualismo, libertad de elección e igualdad de oportunidades (Champion, 2001), provocan una serie de cambios en los valores y estilos de vida del momento que marcan una gran diferencia con respecto a la Primera Transición Demográfica, la cual giraba en torno a la familia.

Reques (2011), puntualiza sobre los procesos dinámicos a nivel social y demográfico que suceden tras la Segunda Guerra Mundial, exponiéndolos del siguiente modo:

“Los cambios demográficos: la dinámica vegetativa reciente, la atracción migratoria, su crecimiento y tamaño demográfico, los cambios en las estructuras familiares, los desequilibrios en cuanto a la distribución de la población en el espacio, el desigual grado de modernización social o de evolución de la segunda transición demográfica, entre otros de menor importancia, son las principales variables a considerar.

Los cambios sociales derivados de la intensidad del proceso de modernización y desarrollo económico traducidos en cambios socio-residenciales en los que factores como el precio del suelo y de la vivienda, la relación entre ciclos familiares y los

cambio residencial, la antigüedad del parque inmobiliario, el nivel de consolidación del modelo o estructura socio-residencial... son sus principales manifestaciones". (p. 238)

Por otro lado, Foschiatti (2008) cita algunos de los cambios culturales que han repercutido en las transformaciones socio-demográficas:

"Los cambio culturales en los que la individualidad toma una posición central fundamentada en los valores postmodernos, en la conciencia materialista y en el logro de una mejor calidad de vida. En cuanto al ideal de hijos, a las condiciones económicas adversas para la crianza y a la incorporación de la idea de familia más pequeña, recibida a través de la influencia de diferentes medios de difusión. Al mismo tiempo la baja de la fecundidad está relacionada con el aumento del uso de métodos anticonceptivos". (p. 11)

A continuación, se analizan con más detalle algunos de los diferentes aspectos que fueron provocados por el cambio socio-demográfico y cultural de la Segunda Transición Demográfica. Dentro de todos ellos, se consideran de especial importancia el nivel de renta, la edad de la población, la inmigración y el género, ya que se han realizado cuantiosos estudios sobre la exclusión en términos de movilidad de estos sectores de la población.

Gutiérrez Puebla y García Palomares (2005) señalan que a pesar de que se incrementarán las desigualdades sociales materializándose en la fragmentación espacial, por lo general, el nivel de vida de la sociedad del momento se verá mejorado, sobre todo entre algunos grupos que residirán en estas nuevas periferias de baja densidad, cuyas principales características son las viviendas con jardín, de una sola planta y con su consecuente dependencia del automóvil. Este nuevo tipo de asentamiento insostenible y disperso, conlleva a un aumento del consumo de suelo por habitante, menos hogares por más superficie y un aumento de la motorización privada.

El crecimiento del nivel de vida y la segregación social que esto conlleva, hace que por un lado, la movilidad de los grupos sociales que están en una situación más favorable aumente, al aumentar su motorización y por tanto, se realice especialmente en transporte privado. Y por otro lado, los grupos más desfavorecidos, y separados funcionalmente de los anteriores, tengan una movilidad más reducida y se lleve a cabo en transporte colectivo, siendo en especial la movilidad transversal de la periferia la más problemática puesto que la ineficiencia del transporte público en este tipo de

asentamientos urbanos tan fragmentados y dispersos es elevada. La repercusión del aumento del nivel de vida en general, hace que los patrones de movilidad cotidiana de toda una población se vean alterados, y más profundamente en la periferia que en el centro, donde la proximidad espacial en los territorios fragmentados es escasa.

Otro proceso social que desencadena cambios sobre las pautas de movilidad, es el cambio en la estructura etaria de la población. La población está envejecida, es decir, los ancianos (mayores de 65 años) cada vez son más, se sitúan fundamentalmente en las zonas centrales de las ciudades y su movilidad suele ser básicamente peatonal o una minoría en transporte colectivo. El mayor porcentaje de la población son adultos, son los que se mueven más y los que poseen un mayor porcentaje de motorización. Los niños (menores de 15 años) y jóvenes (entre 16 y 29 años), son el grupo que actualmente, va disminuyendo en cantidad; la movilidad de este grupo se caracteriza por una reducción en el número de desplazamientos, y cuando lo hacen, es en transporte colectivo.

Uno de los factores demográficos que tienen una mayor influencia en las dinámicas de la movilidad es la inmigración. Gutiérrez Puebla y García Palomares (2005) apuntan a que este colectivo social parece ir en dirección contraria a la población local, debido a que el nivel de renta en este grupo de población es más reducido y a que las pautas residenciales son más de agrupación, tanto en el centro, como en subcentros periféricos, y no de dispersión, ya que precisan necesariamente de transporte público puesto que frecuentemente no poseen los permisos de conducir y por tanto, bajos niveles de motorización. Cabe decir que la situación económica de los inmigrantes en España suele ir mejorando con el paso del tiempo.

Por otro lado, un hecho decisivo en la emancipación económica de la mujer fue su incorporación al trabajo asalariado que tiene lugar con mayor fuerza durante la Segunda Guerra Mundial. Hasta entonces, este tipo de trabajos se llevaba a cabo por hombres, pero al ser estos llamados a guardar filas, la mano de obra femenina pasó a ser necesaria. Según Díaz Muñoz (1989), los desplazamientos cotidianos que llevan a cabo las mujeres son sustancialmente diferentes a los que realizan los hombres, al igual que la percepción del espacio. Esto supone que la elección modal de las mujeres sea distinta a la del sector masculino, lo que se refleja en que las mujeres utilizan más el ir a pie y el transporte público, en definitiva, los medios más sostenibles. Las mujeres, en general, viven más cerca de su lugar de trabajo, lo que permite un tiempo y un recorrido más corto, la posibilidad de ir andando y de utilizar los transportes

públicos. Características que se dan en ciudades distantes cultural y geográficamente, lo que reafirma el valor estructural de las diferencias.

Aparecen así, diferentes patrones de configuración territorial (ciudad lineal, radiocéntrica, etc.) y modelos en relación a los centros urbanos (monocentrismo, policentrismo, dispersión), que desembocan en varios procesos (despoblación, centralización, gentrificación, etc.). Con todo ello, estos diferentes procesos, que generan diferentes modelos urbanos, diseñan los nuevos ejes de crecimiento de las ciudades (Reques, 2011). Finalmente, lo que se puede observar es, que factores como la localización de los equipamientos a lo largo del territorio, las infraestructuras del transporte y los usos del suelo (industrial o terciario), influyen de manera contundente en las dinámicas demográficas de las ciudades actuales (Reques, *op. cit.*).

2.4. Conceptualización de la movilidad. Tipos. La movilidad cotidiana laboral (*commuting*)

“La movilidad representa el conjunto de flujos de personas y mercancías que tienen lugar sobre el territorio; es, por tanto, parte esencial de la red de relaciones existente entre los distintos usos del suelo implantados en localizaciones específicas del territorio”. (Martín Urbano, 1993, p. 2)

La movilidad es un concepto ampliamente complejo, extenso y multidisciplinar. Durante este apartado lo que se pretende es analizar la movilidad de las personas, en especial, se analizará con más detalle la movilidad cotidiana por motivos laborales, de tal manera que se enmarque dicho concepto dentro de un contexto multidimensional.

La movilidad contemporánea ha pasado por diversas etapas, no es la misma movilidad que existía en las ciudades preindustriales, ni la que realizaban las personas en la época fordista, caracterizada por ser una movilidad de masas, en general de carácter cotidiano, cuyos motivos de desplazamientos eran el trabajo y el estudio, y flujos periferia-centro, lo que originaba patrones habituales, recurrentes y pendulares (García Palomares y Gutiérrez Puebla, 2007). De esta etapa industrial, se pasa a una etapa con un nuevo modelo de movilidad, una movilidad singular, y por tanto, con un nuevo modelo de ciudad, en donde la necesidad de desplazarse, es decir, los motivos, la dirección de los flujos, las distancias y los tiempos de los desplazamientos han

aumentado y cambiado como consecuencia de una serie de elementos y factores que estructuran la movilidad y, por consiguiente, la ciudad. Dichos elementos y factores que se desarrollan a continuación se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Elementos estructurantes y factores de cambio de la movilidad

Elementos estructurantes de la movilidad	Factores de cambio
Coordinación temporal de las actividades	Postfordismo. Flexibilización jornadas laborales. Cambios culturales. Nueva cultura del tiempo libre.
Segregación espacial de actividades	Postfordismo. Fragmentación unidades de producción. TIC. Descentralización actividades de producción. Estructuras territoriales. Dispersión de la población. Expansión y fragmentación urbana
Comportamiento racional de los viajeros	Cambios socio- demográficos. Cambios culturales. Satisfacción por la movilidad. Cultura del automóvil.
Carácter consumidor que adquiere el	Cambios culturales
Movilidad diferencial de la población	Cambios socio- demográficos y culturales. Incrementos niveles de renta y desigualdades sociales.
Tamaño y densidad de la ciudad	Expansión espacios metropolitanos

Fuente: elaboración propia a partir de Daniels, P.W. y Warne A.M. (1983)

El primero de ellos, se refiere a la dispersión, expansión y fragmentación del modelo territorial tradicional compacto, lo que origina que la dimensión espacial de la movilidad, se caracterice por unos patrones de desplazamientos que por un lado, son de mayores distancias y tiempos; y por otro, no sólo entre la periferia y el centro urbano (movilidad longitudinal), sino también en cuanto a movimientos interperiféricos, es decir, se potencia la movilidad transversal. Este hecho produce que la dependencia hacia el vehículo privado sea muy elevada debido a: que el transporte público interurbano no es muy eficaz; y a la pérdida de importancia en términos de actividades y población de la ciudad central como núcleo principal de atracción de determinados desplazamientos por motivos de ocio y empleo.

El segundo aspecto a resaltar, pone en relieve la dimensión temporal de la movilidad, lo que produce un aumento de los desplazamientos cotidianos en ciertas franjas horarias, llamadas horas punta (con su evidente congestión), pero no sólo, ya que la

cultura del tiempo libre y los distintos motivos de la movilidad, amplían el abanico horario. Como dice Muñoz (2006), existe una creciente necesidad de realizar los desplazamientos de manera más veloz, ya que el tiempo se ha convertido en el bien más preciado que tiene el ser humano. Otro hecho que origina que la movilidad transversal esté en auge, es a que los núcleos periféricos se encuentran conectados mediante vías rápidas (autovías y autopistas), consiguiendo con ello una mayor velocidad, eso sí, a expensas de la dependencia del vehículo privado tal y como se ha citado más arriba.

La tercera característica de la movilidad metropolitana, es el aumento de los desplazamientos motorizados, es decir, el modo habitual de transporte de la población actual que se realiza mediante medios de transporte mecánicos. Como se ha dicho antes, debido al nuevo modelo de ciudad difusa, las personas necesitan flexibilidad, inmediatez, adaptabilidad, autonomía y libertad para desplazarse a su antojo dentro del área metropolitana, aspectos que el transporte público, sobre todo en este modelo territorial, no puede abarcar. El elevado número de motorización responde también a un factor económico, ya que los niveles de renta de las familias han ido aumentando de forma generalizada, de tal manera que el acceso a la compra de un automóvil es mayor que en la época fordista.

El cuarto aspecto, es en relación al modelo territorial de ciudad difusa, que se caracteriza por la expansión de las zonas residenciales de baja densidad de modo fragmentado y por la relocalización de las actividades productivas y de negocios, lo que provoca que exista un mayor número de desplazamientos, de mayor tiempo y de mayor distancia.

Otro factor, el quinto, de tipo cultural, sería el de la satisfacción por la movilidad, por esa flexibilidad y autonomía frente a los horarios y recorridos predefinidos del transporte público. Como se ha comentado anteriormente, las nuevas ciudades son las ciudades del automóvil.

2.4.1. Motilidad: coordenadas socio-territoriales de la movilidad

A principios del siglo XXI, las investigaciones acerca de los medios de transporte evolucionan no sólo debido a la incorporación de las nuevas tecnologías, sino también a las ciencias sociales. De hecho, los medios de transporte pasan a ser un mero instrumento para realizar el movimiento, aportando diferentes velocidades, siendo las personas que realizan los desplazamientos, los verdaderos objetos importantes de la movilidad (Roberts, 1980). Por este motivo, como explica Bettini (1998), a esta etapa se le añaden otros medios de transporte que tienen un fuerte carácter social, ya que potencian las relaciones, el ir andando toma protagonismo.

Recientemente, la naturaleza más social de la movilidad espacial está siendo analizada, y es posible encontrar una extensa literatura sobre los efectos sociales que afectan al transporte y a la movilidad, esto es, la preocupación pasa a las personas más que a los medios de transporte, por lo que el cambio de paradigma pasa del transporte a la movilidad (Miralles, 2002). Como decía Le Breton (2006), la movilidad es una dimensión transversal de la vida cotidiana, una matriz de todas las experiencias sociales.

Bajo la perspectiva de Salerno (2012), *“la motilidad es la capacidad de una persona de ser móvil”* (p.223). Es decir, el enfoque pasa a ser el individuo, el actor, y no tanto los desplazamientos o el viaje en sí mismos.

Sobre este tema, entre otros muchos autores, se encuentra el sociólogo británico John Urry, según el cual considera que la sociología de este siglo XXI debe concebirse dentro de las coordenadas de la movilidad espacial (Urry, 2000). Esta afirmación sienta las bases de un nuevo paradigma de la movilidad y es de este modo cómo se empieza a obtener una visión sociológica del transporte, enfatizando la naturaleza social, y no los aspectos sociales del transporte (Almaraz *et al.*, 2013). A raíz de estas conclusiones y nuevas perspectivas, Kaufmann elabora una línea de investigación sobre la sociología del transporte, su vinculación con la movilidad social y con las intenciones que llevan a la elección modal.

La base teórica de Kaufmann sobre la sociología de la movilidad es importante puesto que pone el foco de visión sobre los actores de la movilidad y no en el cómo o el dónde se produce ésta (Kaufmann, Bergman y Joye, 2004; Flamm y Kaufmann, 2006),

más bien es la relación entre la movilidad y las relaciones sociales, para finalmente poner al actor en la trama social, de tal modo que relacionan la movilidad espacial con la movilidad social (Salerno, 2012). De manera que se convierte especialmente importante integrar las propósitos de la gente y las razones que hacen que se muevan o que, por el contrario, evitan su movimiento (Kaufmann, 2002).

Almaraz *et al.* (*op. cit.*), explican que el estudio de la movilidad no sólo se centra en el análisis de los movimientos de un lugar a otro, un origen y un destino, sino que la naturaleza social de la misma se centra en las personas que desencadenan dicha acción y en las estructuras que posibilitan dicho movimiento. Y aquí es donde estos mismos autores (*op. cit.*), realizan una distinción entre movilidad y motilidad. Definen movilidad como *“el movimiento efectivo entre un punto y otro del espacio”* y motilidad como *“movilidad potencial de los actores o capital social”*. Kaufmann (2002), explica con otras palabras cuál es su concepto de motilidad:

“La motilidad es la capacidad de una persona para moverse o, más precisamente, el modo en que un individuo se apropia de lo que es posible en el ámbito del movimiento y pone este potencial al servicio de sus actividades”. (p.37)

Salerno (2012) explica que de este modo, el término de motilidad, cuya condición versa sobre el individuo, surge para perfilar los problemas del concepto de la movilidad.

Las oportunidades que tiene presente un individuo para desplazarse vienen condicionadas a nivel individual (habilidades personales y clase social a la que pertenezca), pero también condicionadas por el entorno que le rodea, esto es, a las posibilidades del sistema y políticas del transporte.

Finalmente, Kaufmann *et al.* (2004) proponen una serie de factores que estarían detrás de la motilidad o capital espacial, y que por otro lado, estarían relacionados con las tres dimensiones de Lévy (2000) de oferta, competencia y capital:

El primero de los factores que conformaría la motilidad, sería el que los autores (*op. cit.*) denominan como Acceso, que para Rérat y Lees (2011) está fundamentalmente vinculado *“con el abanico de movilidades posibles de acuerdo con el lugar, el tiempo y otras restricciones contextuales”*, rigiéndose también en función de ciertos condicionantes sociales. Para Kaufmann *et al.* (*op. cit.*), estos factores se clasifican en opciones de política territorial, que comprendería los medios de comunicación y

transporte disponibles para la población, y en condiciones, que vendrían a ser la localización y accesibilidad del transporte en cuanto a horario y precio, aparcamiento, etc.

El segundo componente, es el que Kaufmann *et al.* (*op. cit.*), nombran como Competencia. Ésta está compuesta por las habilidades de los individuos (Rérat y Lees, 2011), y se encuentran divididas en tres tipos:

- Habilidades físicas como lo son ver, andar, hablar, etc.
- Habilidades adquiridas son las relacionadas con la experiencia, como licencias de conducir, conocimiento de idiomas para viajar, conocimiento de combinaciones entre modos de transporte, etc.
- Habilidades organizacionales, que serían las capacidades que requieren de información, espontaneidad, planificación, lecturas de señalización, etc.

Estas habilidades o capacidades depende fundamentalmente de la experiencia vivida por cada individuo y de cómo sea su grado de socialización en los medios.

El tercer elemento del capital espacial desarrollado por Kaufmann *et al.* (2004), es el de la Apropiación. Rérat y Lees (2011) definen este factor como un conjunto de estrategias, motivaciones, valores, hábitos y prácticas de los individuos.

Almaraz *et al.* (2013), señalan que *“el concepto de apropiación es central en el análisis de la motilidad porque se presenta como el resorte que permitirá la traducción en movilidad de aquellos aspectos más objetivos, como el acceso y las destrezas, que componen el campo de la movilidad”*. (p. 6)

Y estos mismos autores (*op. cit.*) definen la apropiación como el elemento en donde se establecen las tomas de decisiones, objetivas y subjetivas, de la elección modal.

La motilidad, por tanto, es intrínsecamente una característica individual, pero se encuentra supeditada a las estructuras sociales, y muy especialmente, a la situación y composición del hogar.

2.4.2. Behaviorismo: coordenadas psicológicas del análisis de la movilidad

En el presente apartado se analiza la parte psicológica de la movilidad. Es decir, la manera en cómo de un modo “irracional” interactuamos con el medio y realizamos nuestra elección modal.

La economía del comportamiento surge como respuesta unificadora a dos mundos totalmente alejados, en apariencia. Por un lado, estaría la esfera de la economía tradicional o neoclásica, en la que se considera que el ser humano es un ser racional, calculador, constante en gustos y actitudes, etc. Por otro lado, estaría la esfera de la psicología, lugar en el que el ser humano parece ser totalmente diferente al hombre que se define en la concepción económica, este humano, es irracional, imperfecto, cambiante, etc.

La economía del comportamiento nace con los psicólogos sociales Daniel Kahneman y Amos Tversky, partiendo del hecho de que ninguna visión de las dos ciencias anteriores es ni completamente cierta, ni completamente errada, sino que el modelo del comportamiento humano de la economía tradicional podría verse mejorado gracias a la inclusión de las ideas de la psicología. La economía del conocimiento, por tanto, podría ser definida como la especialidad dentro de ambas ramas, la economía y la psicología, que *“propone modelos que capturan los límites en el cálculo racional, la voluntad y el interés propio de los agentes, tratando de codificar esos límites formalmente, explorando sus implicaciones empíricas, utilizando la teoría matemática, los datos experimentales, y el análisis de datos de campo”*. (Parra, 2014, p. 7)

Un elemento esencial de la economía del comportamiento es que el ser humano en ciertos momentos es un ser irracional y como tal, tiene comportamientos y realiza actos irracionales. Simon (1989), economista y estudioso de las ciencias sociales, lo definió como racionalidad limitada, que no es más que la atención sobre componentes no ordinales en las decisiones: el deseo, los instintos y las pasiones.

En la sociedad actual, las personas están en constante movimiento, para realizar cualquier tipo de actividad se desplazan de un lugar a otro usando el bien máspreciado que tienen, el tiempo. Esta movilidad cotidiana ha ido aumentando con el paso de los años y por consiguiente, también lo ha hecho el transporte, sobre todo el vehículo privado. Para realizar todos estos desplazamientos, las personas toman decisiones y juicios de valor sobre la ruta, el medio de transporte o el lugar, a esto se

le conoce como conductas de desplazamiento, y esto es la movilidad (Aarts y Dijksterhuis, 2000). Si por ejemplo, el desplazamiento al trabajo se realiza a pie, la conducta de movilidad será sostenible, mientras que si el mismo desplazamiento se realiza en automóvil, sería una conducta insostenible. Por tanto, la conducta final será o no sostenible dependiendo del medio de transporte que se elija (Martín *et al.*, 1997).

Dichas conductas de desplazamiento se verán condicionadas por una serie de variables de carácter psicológico, a parte de las sociales, económicas o de servicios y costes (Alderete y Tudela, 2011). Dentro de esas variables psicológicas, Tapia *et al.* (2013) encuentran varios factores que también influyen en la toma de decisiones, entre los cuales estarían:

- Factores personales (afecto, actitud, social, etc.),
- Factores habituales,
- Factores socio-demográficos (ingresos, ocupación, etc.),
- Factores contextuales (propósitos del viaje, etc.) y
- Niveles de servicios (costes, tiempo, etc.)

Esta clasificación de factores se dividen a su vez en dos grupos, aquéllos que se pueden medir objetivamente y los que no. Los primeros, serían los factores socio-demográficos, o los niveles de servicio de los modos de transporte. Los factores que no se pueden medir directamente, serían los factores personales o variables latentes, y es necesaria la utilización de ciertos instrumentos para poder hacerlo (*op. cit.*). Una vez medidos todos los factores, para valorar realmente la conducta e intentar intervenir en ella, se deben modificar varios factores personales e introducirlos todos en un modelo explicativo para analizar la conducta de elección del medio de transporte (Martín *et al.*, 1997).

2.4.3. Tipos de movilidad

Como se ha mencionado anteriormente, las ciudades y áreas metropolitanas han sufrido y están sufriendo una serie de transformaciones en las configuraciones de sus estructuras espaciales debido a los cambios en las localizaciones de actividades económicas y residenciales, que ha originado que los patrones de movilidad de las personas se vean modificados, provocando unos desplazamientos más largos, con

una mayor utilización del tiempo y por motivos muy diversos, pero sobre todo, se caracterizan por la dependencia del vehículo privado y con su consecuente perjuicio medioambiental entre otros. De tal modo que la movilidad, que se define como “la capacidad de ser movable”, se convierte aquí en necesidad para estas ciudades, ya que los componentes de éstas, las personas y las actividades (en menor grado), necesitan desplazarse de un lugar a otro.

Para algunos autores como Miralles y Cebollada (2003) *“la movilidad en la ciudad moderna es la suma de los desplazamientos individuales de los ciudadanos, a una velocidad determinada, que hace posible el acceso al mercado de trabajo, a los bienes, y a los servicios. En definitiva permite hacer un uso diferente de las actividades que se localizan en la ciudad, y por tanto, condicionan la vida de los ciudadanos, y organizan la estructura de las ciudades”*. (p.28)

Por otro lado, Cerda (2012) señala que la movilidad, como capacidad y necesidad intrínseca del individuo, forma parte de su vida cotidiana, convirtiéndose a la vez en factor favorable y condicionante, ya que gracias al movimiento, aumenta el potencial de relación y, a la vez, le otorga un nuevo sistema de vida lleno de contactos con la naturaleza, el trabajo, el estudio y el ocio, que sin la movilidad serían imposibles.

Uno de los primeros autores en estructurar los diferentes motivos de desplazamiento de las personas fue el arquitecto francés Eugène Henard, que en 1905, definía la movilidad como la “circulación” de una ciudad, realizando una de las primeras clasificaciones de la movilidad en función de los tipos de demanda e intensidades de tráfico en distintos periodos del día, entre otros factores, para la ciudad de París en donde realiza una serie de transformaciones viarias. Para el autor (*op. cit.*) esta circulación, la movilidad entendida por él, es la suma de varios movimientos particulares y pendulares de ida y vuelta cuyos motivos varían según la siguiente clasificación (Cerda, 2012):

- La circulación doméstica, relacionada con el aprovisionamiento del hogar, se realiza en el mismo barrio, originando desplazamientos cortos. El medio de transporte utilizado es básicamente a pie.
- La circulación profesional ligada a la actividad laboral, los recorridos son largos y recurrentes. Este tipo de circulación está caracterizada por la elevada utilización de los medios de transporte públicos.

- La circulación por motivos económicos. Los desplazamientos tienen por objeto la compra, la venta y el intercambio de todo tipo, incluyendo la información. Utiliza todos los medios de transporte, tanto públicos como privados.
- La circulación ligada al ocio y a las relaciones sociales. Utiliza principalmente el transporte privado (para la época, los carruajes).
- La circulación festiva concentrada en los días no laborales. Caracterizada por recorridos en los que se utiliza fundamentalmente los medios de transporte públicos (especialmente el tren y el tranvía).
- La circulación excepcional. La realiza el peatón y se produce en el centro de la ciudad (profesionales, manifestaciones, etc.).

El sociólogo Vincent Kaufmann (2006) se basa en tres acontecimientos que caracterizan la movilidad contemporánea de las personas (Almaraz *et al.*, 2013):

- Primeramente, se observa una transición de las relaciones de proximidad físicas, de “barrio” hacia unas relaciones en las que la utilización de sistemas técnicos son casi obligatorias, por tanto se pasa de una contigüidad a una conectividad.
- El siguiente fenómeno es el de la forma de la movilidad, se observa un cambio de una forma de movilidad irreversible (migraciones internacionales) a otra forma reversible.
- Y como último acontecimiento, sería el de la ubicuidad frente a la unidad. Como explican Almaraz *et al.* (*op. cit.*) “*se quiere decir que las identidades monolíticas y localizadas, pegadas al terreno, desaparecen para dar paso a identidades plurales y complejas, con múltiples roles y la capacidad de actuar en la distancia*”. (p.5)

Posteriormente, Kaufmann (2006) realiza una de las clasificaciones más importantes, en la que trata de manera específica y separada cada uno de los tipos de movilidad espacial (Módenes, 2007).

- movilidad cotidiana: de alta frecuencia y con desplazamientos dentro del espacio de frecuentación cotidiana;
- movilidad residencial: de baja frecuencia y con desplazamientos dentro del espacio de frecuentación cotidiana;
- viaje: de frecuencia alta y desplazamientos de larga distancia; y
- migración: de baja frecuencia y con desplazamientos de larga distancia

A pesar de esta clasificación tan específica, recientemente se intenta configurar una nueva visión de la movilidad en donde los distintos tipos de movilidad que realizan las personas se integren de manera más conjunta. El motivo por el que se busca dar un nuevo enfoque a los tipos de movilidad espacial existentes, es debido a los avances tecnológicos en las infraestructuras de transportes, tipos de trabajo, nuevas estructuras del hogar, inmigración, etc., que llevan consigo cambios en las antiguas nociones de espacio y tiempo. Por tanto, esta nueva clasificación realizada por el mismo autor (Kaufmann, 2006) mezcla las cuatro movilidades que se han visto más arriba (movilidad cotidiana, residencial, viaje y migración) y será la siguiente (Módenes, 2007):

- La multirresidencia: cuando la residencia secundaria se convierte en parte de una residencia multilocal donde no se puede definir una ubicación principal real;
- la pendularidad de muy larga distancia: con desplazamientos muy largos, por ejemplo en avión; o
- el turismo recurrente de corta distancia.

A parte de las clasificaciones que se han visto anteriormente (Henard, 1905; Kaufmann, 2006), existen las de otros autores que se caracterizan por aportar nuevos criterios de movilidad y abandonar las nociones de frecuencia temporal y distancia recorrida. Para ello Módenes (2007) las resume del siguiente modo.

Conforme a la visión que tenía Le Breton (2006), la clasificación de los tipos de movilidad espacial la realiza en función de la organización de la vida cotidiana:

- movilidad estratégica: aquélla que tiene que ver con la localización de la residencia y con la adscripción a un territorio;
- movilidad habitual: la que satisface diferentes tareas de frecuencia cotidiana; y
- la movilidad incorporada, que más bien se refiere a la potencialidad técnica, física y cultural.

Estas últimas clasificaciones (Kaufmann 2006; Le Breton, 2006) suponen una ruptura con los conceptos y nociones de la movilidad antigua, ya que estos autores (*op. cit.*), están apostando por significados más complejos y entrelazados (Miralles y Cebollada, 2009).

2.4.4. Movilidad cotidiana laboral: *commuting*

La evolución que han sufrido las pautas de movilidad han sido originadas por otras evoluciones paralelas de algunos factores que la han ayudado a llegar donde está ahora, como son, los cambios producidos en la ciudad, los avances tecnológicos en la sociedad, etc.

Miralles y Cebollada (2009) marcan dos etapas a destacar en la línea histórica de la movilidad.

Fordismo: modelo monocéntrico

Tras la recuperación económica de la guerra europea (1940) se generaron dos grandes acontecimientos que fueron cogidos de la mano, por un lado, un gran desarrollo de base industrial y terciario; y por otro lado, una crisis en la agricultura tradicional, debido a la intrusión de la tecnología y nuevos procesos productivos en el campo. Lo que provocó que el campo quedase olvidado y relegado (Santos Preciado *et al.*, 2012), mientras que la ciudad se convertiría en el centro productivo y reproductivo del área metropolitana con un nuevo sistema económico. Por otro lado, desde el punto de vista de la industria, la ciudad se convierte en un potente centro de trabajo, por lo que atrae a un elevado número de personas, con el consecuente reordenamiento de dicha migración, también se originarán cambios a nivel demográfico (Santos Preciado, 2000). En esta época de gran desarrollo industrial, el consumo de suelo es elevado, ya que las grandes industrias ocupan mucho espacio, lo que provocó que se instalasen en la periferia de las ciudades, o bien en pequeños núcleos preexistentes próximos a la ciudad central, conectadas por una red viaria y en donde el precio del suelo era menos elevado. De este modo, poca a poco se van originando los polígonos industriales de modo concéntrico. Debido a estos procesos, los desplazamientos serán especialmente pendulares con carácter laboral y los medios de transporte mecánicos serán los que se utilizarán más (coche), perdiendo toda importancia el peatón. Estos desplazamientos pendulares tienen como características comunes la franja horaria (con sus horas de entrada y salida, conocidas también como horas punta), recorridos fijos, pautados en el espacio y en el tiempo y llevados a cabo por *commuters* (personas que van de su lugar de residencia a su lugar

de trabajo, realizan los *commuting*, desplazamientos laborales). Los movimientos empiezan a ser cada vez más largos y duraderos en el tiempo, por lo que los desplazamientos longitudinales son más frecuentes que los transversales, la proximidad pierde fuerza frente a la distancia (Holzapfel *et al.*, 1988). La movilidad fordista es una movilidad de masas, colectiva y homogénea.

Sin embargo, a pesar de estos avances en el mundo productivo y reproductivo que se había alzado en los años 60, surgirá una crisis en los años 70 que dará paso a otra época, la postfordista (1980). La crisis se debió a diversos motivos entre los cuales cabe destacar: las externalidades negativas de las ciudades debido a la aglomeración; costes de ubicación muy elevados; y mano de obra levada, entre otros (Santos Preciado *et al.*, 2012). La respuesta a estos problemas se analizará a continuación, pero básicamente se trata de fragmentar el vínculo ciudad-industria y apostar por un modelo más descentralizado.

Postfordismo: modelo policéntrico

A esta etapa que nace a raíz de la crisis de los años 70 se la conoce como etapa postindustrial o informacional, ya que esta nueva era está basada en la información, los avances tecnológicos en el campo de la electrónica, informática y telecomunicaciones. Estos avances han provocado que el modo de comunicarse y de relacionarse de las personas cambie radicalmente. Estos cambios en la dimensión social, provocaron una segregación residencial en la ciudad, sobre todo el centro, que presenta unos precios de suelo muy elevados por lo que expulsa del mismo a un segmento de la población que encuentra en la periferia, o en otros núcleos más pequeños, unas condiciones favorables a su renta. En el ámbito territorial, esta etapa está caracterizada por una dispersión de la población y de las actividades productivas en el territorio, que gracias a los avances en las telecomunicaciones, en especial en el transporte, hacen que la descentralización tanto productiva (industrias), como productiva (residencial), se descentralice (Muguruza y Santos Preciado, 1990). Es un momento que se caracteriza porque los desplazamientos no sólo tienen como motivo generador el ir al trabajo, sino que los motivos son múltiples y dispares (consumo, ocio, estudio, recoger a los niños, etc.) esto provoca que el número de desplazamientos, la distancia y el tiempo aumenten. Debido a los cambios territoriales

de la época fordista, la expansión de las actividades económicas y de la población de modo disperso y fragmentado provocan que los desplazamientos se realicen mayoritariamente en transportes mecánicos tanto privados como públicos, se empieza a concebir un plan integrador en donde todo el mundo tiene cabida, no sólo cuentan aquéllos que tienen vehículo propio, por lo que se genera un contexto más acorde con la colectividad. Otro factor importante que conlleva a replantearse las limitaciones de la movilidad individual y del transporte privado, es el hecho que el coste de las infraestructuras, del viaje, la contaminación y la congestión, empiezan a concebirse como externalidades negativas (Miralles, 2002). Los desplazamientos transversales aumentan, debido a que emergen nuevas zonas con alto porcentaje de empleo y de población (subcentros), que atraen flujos de personas. El empleo deja de ser un foco de atracción y cohesión social, y la movilidad pasa a ser un estilo de vida, moverse es útil, funcional y vital en la nueva ciudad del siglo XX.

Finalmente, huelga puntualizar que en palabras de Miralles y Cebollada (2009) *“los modelos de movilidad son también modelos territoriales (Wiel, 1999), por lo que el paso de una estructura fordista a una postfordista, y con ello la transformación de las estructuras económicas y territoriales, alteran los desplazamientos cotidianos de las personas”*. (p. 7)

Miralles y Cebollada (*op. cit.*) definen a la movilidad cotidiana como un fenómeno que está en constante cambio y es sumamente complejo, ya que viene determinada por varias dimensiones complementarias, la económico- territorial, la social y la ambiental. A la movilidad cotidiana también se le conoce, en primer lugar como movilidad obligada, pero en numerosos estudios se especifica que este término no sería del todo correcto, puesto que la movilidad que es considerada como no obligada (ocio, ir a hacer la compra, a recoger a los niños al colegio, etc.) también en cierto modo, es obligada. De tal forma, se redefine la terminología y se adopta el término cotidiano, para conferirle un carácter de habitual. En segundo lugar, especificando que se trata de la movilidad cotidiana laboral, a los desplazamientos diarios y repetitivos entre el lugar de residencia y de trabajo, se ha consensuado que el término *communtig* es el que define a este tipo de movilidad (Monclús, 1992).

Como se ha podido observar, la ciudad estructurada y diferenciada social, económica y físicamente delimitada, ha dejado paso a otra ciudad en donde el campo y la ciudad se fusionan, se entremezclan. Como dice Miralles (2013), las tradicionales variables

socioeconómicas han dejado de ser válidas en las nuevas ciudades, siendo los flujos individuales cotidianos (caracterizados por los tiempos, los motivos y los medios de transporte) los que definen los patrones de la movilidad contemporánea, la ciudad. Estos flujos cotidianos, están relacionados con los sistemas de relación social y con la distribución de las actividades económicas sobre el territorio (Camagni *et al.*, 2002).

2.4.5. Dimensiones de la movilidad cotidiana laboral

Una vez que se ha analizado qué es la movilidad, en particular la movilidad cotidiana laboral (*commuting*), y se han examinado los cambios económicos y territoriales en las configuraciones estructurales de la ciudad, se procede a introducir el nuevo paradigma de la sostenibilidad, el que promueve que la movilidad contemporánea se erige sobre diversos pilares: uno sería el económico- territorial; otro el social, con la inclusión de la estructura social, incorporando en los análisis a las personas que se desplazan; otro el tecnológico; y por último, estaría el funcional (Miralles, 2013).

Como dicen García Palomares y Rodríguez (2004), las esferas económica, cultural y social están en estrecha vinculación con la movilidad de la población, ya que los cambios que acontezcan debido al nuevo modelo territorial de metrópolis dispersas, generarán también nuevos modelos de patrones de desplazamientos y nuevos estilos de vida, en donde los costes de todas las actividades se encarecen. Estos cambios repercutirán de diferente manera a cada grupo de población. El nuevo modelo territorial de ciudad dispersa, como se ha visto en apartados anteriores, no sólo trae consigo cambios a nivel territorial, sino que desencadena una serie de hábitos y conductas en la población que antes no existían. Un ejemplo de transformación podría ser la del hábito de ocio y de consumo, que actualmente se encuentran volcados más hacia los centros comerciales ubicados en la periferia cual metrópolis estadounidenses, que no como ocurría en las ciudades compactas, donde el ocio y el consumo se concentraban en la zona central de la ciudad.

A continuación, se analizarán algunas de las dimensiones de la movilidad que se han citado previamente.

Dimensión económico-territorial

La primera dimensión, es la económico-territorial y se fundamenta en las profundas transformaciones que han sufrido los modelos económicos y territoriales cuando en los últimos 30 años se pasa de una estructura fordista (modelo monocéntrico) a otra postfordista (modelo policéntrico), originando a la vez, cambios en los patrones de movilidad.

En el ámbito económico, estos cambios se vieron reflejados en la descentralización y separación de los procesos productivos con respecto a lo urbano, a la ciudad, lo que originó una dispersión de las actividades económicas sobre el territorio y una nueva localización del nuevo modelo económico. Con esto lo que se pretendía conseguir era abaratar costes, primero de suelo, ya que el valor del suelo en la periferia era más reducido que en la ciudad central; segundo de mano de obra, obteniendo por otra parte una especialización de los trabajadores en unidades más reducidas (Santos Preciado *et al.*, 2012). Esta difusión de las actividades hace que la conexión entre ellas y los flujos laborales se relacionen mediante patrones en red, dando lugar a lo que Castells (2006) llamó, sociedad de las redes.

En la dimensión territorial, las transformaciones se deben a dos procesos paralelos y antagónicos, por un lado, la dispersión, y por otro, la centralización.

Como señalan Miralles y Cebollada (2009), la expansión metropolitana casi con dimensión regional, deja de estructurarse en torno a núcleos urbanos compactos y multifuncionales (Indovina, 1990) debido a la aparición de equipamientos comerciales y de ocio, zonas residenciales y polígonos industriales (Capel, 2005). Este proceso de expansión que caracteriza a la ciudad difusa presenta como propiedades inherentes una separación, discontinuidad y segregación de usos del suelo y bajas densidades. Estos cambios en la estructura y dinámica del funcionamiento de las metrópolis afecta a las empresas, a las personas y a cómo se relacionan, en especial, aumentan las necesidades de relacionarse y de moverse (Gutiérrez Puebla y García Palomares, 2005; Mella y López, 2006), lo que conlleva a un incremento de la movilidad para desplazarse de un punto a otro por diversos motivos mediante un complejo sistema de red viario a través del uso intensivo del automóvil. Se dejan atrás las relaciones de proximidad y los desplazamientos con medios no motorizados (ir a pie, bicicleta, etc.). Ante tal dispersión estructural, el sistema de transporte público se queda ineficiente,

con un sistema cada vez más complejo, con más motivos de viaje, con más orígenes y destinos dispersos en el territorio. En palabras de Muñoz (2012):

“Las áreas metropolitanas actuales muestran un escenario caracterizado por una movilidad intensiva, derivada de la creciente movilidad de las personas y también de la mayor velocidad a la que se desplazan, y por un uso extensivo del territorio, al poder cubrir mucha más distancia en sus desplazamientos y multiplicar el espacio de vida de su población”. (p. 29)

De tal suerte, que como dicen Gutiérrez Puebla y García Palomares (2007), los flujos de estos nuevos modelos de metrópolis son más largos y diversos, creando los *nuevos territorios del automóvil*.

De manera opuesta, Miralles y Cebollada (2009) explican que la centralización se debe, en parte, al cambio de modelo en la estructura interna de las metrópolis, dirigiéndose ahora hacia modelos policéntricos, en donde se produce una aglomeración de población y de actividades de valor añadido caracterizadas por un mayor prestigio, produciendo fenómenos de nueva acumulación o “neoacumulación” (Veltz, 1999) en zonas externas a la ciudad central. Esto se debe, en parte a la diferencia de precio entre el centro y la periferia, a los impactos ambientales de ciertas actividades en el centro de las ciudades, como pueden ser las industrias, etc. Otro aspecto que promueve esta centralización es el valor que se le está dando a uno de nuestros bienes más preciados, el tiempo, de tal modo que se intensifica la vida de barrio, la aproximación de las actividades cotidianas, etc. (Schwanen *et al.*, 2002).

Dimensión social

La dimensión social de la movilidad es aquella que permite el conocimiento de los patrones de los desplazamientos de los ciudadanos y por tanto, el de la utilización de los medios de transporte (Miralles, 1999). Según Ciuffini (1993), la movilidad no sólo tiene una dimensión individual, sino colectiva, ya que existen ciertos grupos de personas que no tienen la misma posibilidad, bien de acceso a dichos medios de transporte, bien de desplazamiento (Wiel, 1999). En especial, la movilidad viene diferenciándose según el sexo, la edad, el estado civil, el número de hijos, el nivel de estudios, el nivel de renta y por la etnia. Es por ello que son tan importantes las

estrategias políticas en temas de movilidad y transporte ya que según cómo sean éstas, podrían ejercer un efecto discriminatorio o integrador dentro de la sociedad. La movilidad, a fin de cuentas, es una actividad de inserción social para las personas dentro de la ciudad (Miralles y Cebollada, 2009).

Es por ello que como explica Cebollada (2006), es importante que se tenga conocimiento de los desplazamientos cotidianos de la población de todos los grupos de la estructura social, en especial los de los grupos más sensibles a la exclusión social en términos de movilidad como los son las mujeres, los jóvenes, los inmigrantes, las personas con rentas bajas y las estructuras de las familias, ya que estas dos últimas variables condicionan la movilidad desde la dimensión social.

Dimensión tecnológica

Los avances en tecnología y comunicación, establecen nuevas formas de relación con el espacio y entre las personas, en definitiva, el modo en el que se mueven por el territorio, de hecho, facilitan, en parte, las tendencias de expansión hacia el modelo de ciudad difusa. Santos Preciado *et al.* (2012) establecen que la dimensión tecnológica puede ser dividida en dos categorías.

La primera, sería la referente a las relaciones espacio-temporales, estos autores señalan (*op. cit.*) que son diferentes desde los avances en las telecomunicaciones e informática, las distancias a pesar de ser las mismas en términos absolutos, son recorridas en menor tiempo gracias a los medios de transporte más veloces, para el caso de personas y bienes y servicios, y para el caso de la información, ésta llega más rápidamente debido a los avances en el mundo de la informática.

La segunda categoría que ha variado notablemente, es la que está relacionada con la movilidad espacial. Debido a los avances en tecnología y telecomunicaciones, las personas, la información y los bienes y servicios, tienen una mayor facilidad para moverse espacialmente, lo pueden hacer de manera más económica y en mayor número y cantidad. Sin embargo, la otra cara de los avances tecnológicos en la movilidad, tal y como apuntan Santos Preciado *et al.* (2012), origina el proceso contrario, una disminución en la movilidad. Numerosos trámites administrativos, el cotidiano hecho de comprar o trabajar se pueden realizar desde el domicilio, de

manera que no sea necesario el desplazamiento del lugar de residencia al lugar de trabajo, por ejemplo, ya que en este caso, internet facilita todos estos trámites. Si bien es cierto, como dice Durán (2004), esta posibilidad tan sólo la tendrá un sector de la población que tenga un cierto nivel cultural, profesional o socioeconómico que le permita acceder a internet.

De este modo, las relaciones en las diferentes esferas, la laboral, la social o la comercial, están cambiando, y con ellas también lo están haciendo las pautas de trabajo, de residencia, de movilidad, etc. Los cambios de comportamiento de las personas, generan cambios en la manera en la que se mueven y por tanto, en cómo y dónde viven y/o trabajan, transformaciones que marcan las dinámicas de organización de las estructuras de las ciudades.

Dimensión funcional

Para concluir, a través de las aportaciones realizadas por Cerda (2012) en el campo de la funcionalidad urbana, se apunta de manera muy breve la perspectiva funcional de la movilidad. Para ello, el autor (*op. cit.*), elabora una serie de puntualizaciones semánticas con el fin de ayudar a aclarar los conceptos de los términos funcionamiento, función, funcionalidad, funcional y utilidad:

“Por funcionamiento se entiende a la acción y efecto de funcionar, que a su vez significa ejecutar las funciones que le son propias, siendo la función la capacidad de actuar (tarea que le corresponde realizar), propia de seres vivos y máquinas.

Por otro lado, la funcionalidad es la cualidad de ser funcional, y por funcional se dice a todo aquello en cuyo diseño y organización se ha considerado sobre todo la facilidad, utilidad, y comodidad de su empleo (uso). La utilidad se refiere a la cualidad de ser útil, es decir, que trae o produce provecho, comodidad, fruto o interés.

Pero el que percibe la utilidad es el usuario, que es quien usa ordinariamente un elemento. Pero usar un elemento es hacer servir dicho elemento para algo (desarrollar su función).

De este modo se podría resumir que, “un funcionamiento (desarrollo de las funciones propias, tanto parciales como global) puede ser poco o muy funcional (tener mala/buena funcionalidad), para un usuario (el que materializa la función)”. (p. 8)

Si con los términos ya definidos los asociamos a la ciudad, al territorio, es decir, analizamos la función de la ciudad, cómo el usuario hace uso de las actividades de la ciudad poniendo en funcionamiento las mismas, pudiendo ser la calidad de las mismas, buena o mala, dependiendo del uso que realice el usuario con ellas. De tal suerte, que como señala Cerda (2012), *“por funcionalidad urbana se entenderá al funcionamiento de las actividades urbanas que satisfacen las necesidades cotidianas de la población. Pero el funcionamiento de una actividad se entiende en términos espaciales y temporales del acceso y del desarrollo de la actividad, características que surgen del comportamiento de las personas usuarias de la actividad”.* (p. 8)

Para concluir, se puede decir que como señalan García Palomares y Rodríguez (2004), las diferentes transformaciones que ocurren en la ciudad, al final, originan modificaciones en los patrones de movilidad cotidiana, especialmente porque todos los componentes de la movilidad, las dimensiones que la conforman, también se ven alteradas, lo que provoca que los motivos, los tiempos, las distancias y el número de los desplazamientos varíen de modo sustancial.

2.5. Accesibilidad territorial desde la perspectiva del paradigma contemporáneo de la sostenibilidad

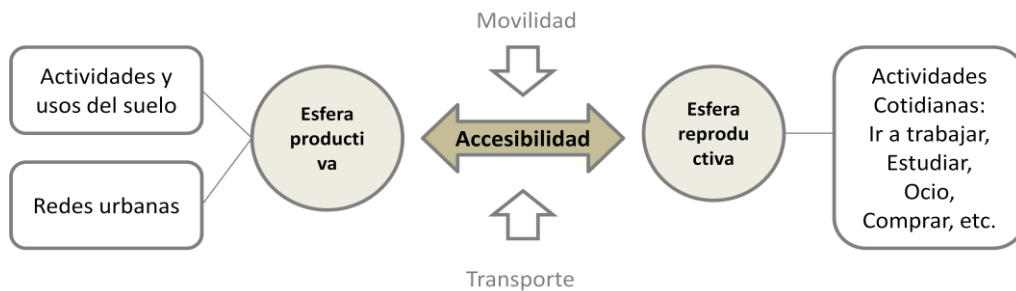
El PTMB dice que se debería hacer de la movilidad un derecho ciudadano, más que una obligación: el incremento de la accesibilidad debería redundar en una mayor capacidad de los ciudadanos para moverse libremente sobre el territorio, mientras que el incremento de las densidades medias, los crecimientos en contigüidad y la convivencia de usos, propiciarían una menor necesidad de desplazamiento.

Tras analizar el concepto, los tipos y, en concreto, la movilidad cotidiana por motivos laborales, a continuación, se realiza un estudio en profundidad sobre cómo se lleva a cabo esa movilidad. Sin duda alguna, deberá ejecutarse mediante un medio de transporte, pero para ello es necesario acceder al mismo, he aquí la importancia de

este apartado, una vez que se han desarrollado los conceptos de transporte y movilidad.

Los geógrafos argentinos Blanco *et al.* (2014) señalan que es la accesibilidad quien crea un nexo de unión entre la movilidad y el transporte. De este modo, como se muestra en la Figura 24, se vinculan mediante la accesibilidad (y por tanto la movilidad y el transporte) dos esferas, la productiva y la reproductiva.

Figura 24. Relación de la accesibilidad con la movilidad y el transporte



Fuente: elaboración propia

Esfera productiva: por un lado, las condiciones materiales de producción del espacio urbano definen características particulares de diferenciación del conjunto de actividades y usos del suelo (localizaciones, diversidad y combinación, intensidades y densidades variadas) y de las distintas redes urbanas.

Esfera reproductiva: por el otro lado, los sistemas de actividades cotidianas están en estrecha relación con las condiciones de reproducción de los hogares, con sus necesidades y posibilidades particulares.

Concepto de accesibilidad

Tal y como comenta Gutiérrez (2010) en un estudio realizado sobre movilidad, transporte y acceso; la vida de las personas gira en torno a sus círculos de familiares y amigos, laborales o de ocio, además, como se ha venido explicando, con el nuevo modelo territorial de ciudad difusa y fragmentada, la movilidad contemporánea se ha convertido en una necesidad básica para relacionarse y “usar” el espacio urbano, y es por ello que la manera en que se accede a dichos círculos, a esa movilidad, es de vital

importancia. Por tanto, la accesibilidad, entendida como la forma y el grado de facilidad con el que se llega de un lugar a otro (Gutiérrez, 2010), es el centro de estudio de la Geografía de la Accesibilidad (Ascher, 2005).

Otros autores como Miralles (1999) consideran que la accesibilidad es la dimensión espacial de la movilidad, y por tanto, representa la facilidad con la que un individuo supera la distancia entre dos puntos. Esta misma autora (*op. cit.*), relaciona esta variable con las características físicas del entorno, con las oportunidades de utilización de las actividades urbanas con los medios disponibles y con las características individuales que cada persona tenga. De este modo, otros autores como Philips y Williams (1984) clasifican la accesibilidad en tres tipos: la física, la económica y la social. Los diferentes tipos de accesibilidad, ya sea física, económica o social, no se encuentran uniformemente distribuidos en el territorio, ni en toda la población. Existen distintas tipologías de ciudades que son más accesibles que otras, grupos sociales que tienen mayor facilidad para acceder a los medios de transporte que les proporcionan la realización de los desplazamientos, etc. Miralles (1999) en el estudio de los diferentes modelos de movilidad para la ciudad de Barcelona, apunta que no existe una accesibilidad global y general para todos los individuos de una determinada área y es, desde este enfoque, donde se plantea la siguiente cuestión que se retoma para seguir con el discurso “*¿Cuál será la accesibilidad de una persona que no pueda conducir o que no posea coche a un lugar donde sólo se pueda llegar con transporte privado?*”. (p.14)

2.5.1. Las dimensiones de la accesibilidad

Tal y como expresa Cerda (2012), la accesibilidad se entiende como la facilidad de paso de un punto a otro o de una actividad a otra. A esta actividad o esfuerzo se le denomina fricción. Estas fricciones a continuación serán analizadas desde dos perspectivas: una desde el enfoque de los lugares, una dimensión físico-territorial, en donde se verán los contextos territoriales; y otra desde la perspectiva de los grupos sociales, una dimensión socio-económica, relacionada con los perfiles socioeconómicos. Vistas en articulación, desde una perspectiva socio-territorial, “*los diferentes grupos sociales "localizados" en contextos territoriales son los que se*

apropian o toman ventaja de las condiciones de accesibilidad diferencial de los lugares". (Blanco et al., 2014, p.47)

De esta manera, la accesibilidad socio-territorial, representa una herramienta para configurar condiciones estructurales y personales de la movilidad.

Dimensión físico-territorial

Existen muchos estudios en los que se confiere a la accesibilidad sólo la cualidad de facilitar o dificultar el acceso de personas a lugares y territorios mediante condicionantes físico-espaciales, en el sentido de que los sujetos o grupos sociales no son un elemento primordial, sino que lo que realmente se analiza e importa es el aspecto físico de la movilidad espacial (Módenes, 2007). Expresado de otro modo, el sujeto que realiza la acción de moverse son las personas, pero en este tipo de estudios, fundamentalmente se centran en el soporte territorial de ese movimiento.

Los autores Blanco *et al.* (2014), señalan que, mediante la dimensión físico-territorial de la accesibilidad, cada lugar se encuentra perfectamente ubicado en un universo relacional, de posiciones relativas, lo que viene a decir que se genera un abanico de posibilidades de la movilidad para el desarrollo de la vida cotidiana.

Como explica Miralles (2002), la accesibilidad espacial es uno de los filtros más potentes para seleccionar la clasificación de usos del suelo de un área concreta. Pero no sólo determina el tipo de actividad que se puede desarrollar, sino que los factores, de oferta de transporte público y acceso a bienes y servicios urbanos, son dos de los condicionantes, entre otros muchos, que influyen en la renta del suelo urbano, ya que las áreas con una mejor cobertura de transporte público y un buen acceso a bienes y servicios, tendrán unos precios de vivienda superiores (Miralles, 1997).

En la época prefordista, el centro de la ciudad era la zona más accesible, ya que era el punto geométrico que tenía una menor distancia a todos los puntos de la ciudad. Los medios de transporte de aquella época principalmente modificaban la velocidad del trayecto, a diferencia de los medios no mecanizados, de tal manera que se recorrían desplazamientos más largos invirtiendo la misma cantidad de tiempo, por lo que la morfología territorial no sufría cambios estructurales (Miralles, 2002).

Esta misma autora (*op. cit.*), marca otro hito dentro de las características espaciales de la accesibilidad, y sería el que transcurre en la etapa fordista, en la que los medios de transporte desarrollados, no sólo alteran la variable velocidad, sino que también hacen lo propio con el recorrido, ya que la aparición de medios de transporte como el tren, tranvía, etc., establecen recorridos fijos, modificando así la morfología territorial, por lo que la accesibilidad no sólo se verá condicionada por la velocidad y la distancia de los destinos, sino que depende, en gran medida, de los recorridos y de las velocidades de los medios de transporte. De este modo, el centro de la ciudad deja de ser el punto más accesible, pasando el testigo a zonas en donde la oferta de transporte y el acceso a bienes y servicios urbanos, sean variados y óptimos.

Para finalizar este apartado de la dimensión más territorial de la accesibilidad, Cerda (2012) señala otra cualidad inherente a las personas, que viene supeditada por su accesibilidad física. Se podría decir, que ésta viene relacionada con la asistencia que requieran las personas para hacer un viaje en un medio de transporte particular. El mismo autor (*op. cit.*), especifica que no sólo presentan problemas de accesibilidad personas con restricciones físicas, sino que también pueden presentarlas personas totalmente móviles, sobre todo cuando se realizan compras pesadas o están acompañados por niños pequeños.

Dimensión socio-económica

En las últimas dos décadas, cada vez cobra más importancia el papel de la accesibilidad como una posibilidad de acceso de los individuos y grupos sociales (Levy, 2001). De este modo, se produce una diferencia a nivel socio-económico de la accesibilidad, y como señala Jouffe (2011), incluso para individuos con niveles de renta o estudios similares, la accesibilidad no es homogénea. En palabras de Miralles y Cebollada (2009), *“no todos los grupos de ciudadanos tienen la misma posibilidad de desplazamiento y el mismo nivel de accesibilidad a los lugares de trabajo, a los bienes y a los servicios (Wiel, 1999)”* (p.197).

Como analiza Miralles (2002) en su libro “ciudad y transporte: el binomio imperfecto”, la movilidad contemporánea se identifica sobre todo por un hecho, el cambio de sujeto analítico, desde los medios de transporte a las personas que se desplazan. Este cambio de paradigma ha provocado que se empiecen a publicar numerosos estudios

para estudiar la relación que existe entre los diferentes modelos de movilidad y la estructura social de la población. Entre los estudios realizados a diferentes grupos sociales, cabe destacar la importancia de cuatro, las mujeres, los jóvenes, los inmigrantes y las personas con niveles de renta bajos. A continuación, se detallan los inconvenientes a los que se enfrenta cada grupo de la población.

El primer grupo que se va a analizar, es el que hace referencia a la perspectiva de género, las mujeres, son las pautas de movilidad de este grupo social que más se han estudiado. Como explican Miralles y Cebollada (*op. cit.*) las mujeres como individuos son diferentes las unas de las otras por muchos motivos (renta, edad, nivel de instrucción, etc.), pero la figura de la mujer dentro de la estructura social tiene una representación colectiva, es decir, a nivel general, las mujeres han ocupado un puesto fundamentalmente dentro de la esfera reproductiva (llevar los niños al colegio, comprar, tareas administrativas, bancarias, etc.) (Sabaté *et al.*, 1995). El hecho de que la mujer ha estado relegada en los últimos tiempos al ámbito doméstico ha generado que la movilidad con respecto a los hombres sea muy diferente. La movilidad femenina se caracteriza por presentar patrones de desplazamientos cortos, próximos y realizados o bien a pie, o bien mediante transporte público, esta movilidad diferenciada provoca unos usos distintos del territorio (Miralles y Cebollada, 2009).

El segundo caso de estudio, son los jóvenes (de 16 a 29 años de edad). Para Cebollada (2008), estos forman un grupo de población que se caracteriza por la elevada utilización de transporte colectivo. Este mismo autor (*op. cit.*), observa cómo conforme van creciendo y acercándose al mundo adulto, los jóvenes van accediendo más a una movilidad basada en el uso del vehículo privado, ya sea por una mejora en el nivel de renta al acceder a un empleo, obtención del permiso de conducción, por cuestiones de flexibilidad de horarios, etc. Las políticas de movilidad y transportes deben poner atención en la accesibilidad de este grupo social a los bienes y servicios urbanos, sobre todo a los relacionados con las actividades de ocio durante las 24 horas del día que serán utilizadas por ellos (Miralles y Cebollada, 2009).

Un tercer colectivo que se encuentran a continuación, es el de los inmigrantes. Es un grupo que realmente se encuentra en muchas ocasiones excluido socialmente debido a diversos factores: el primero, y más importante, es que al proceder en su gran mayoría de países del tercer mundo, el desconocimiento del idioma supone una barrera muy difícil de franquear; y el segundo factor, como consecuencia del primero, es la dificultad para obtener permisos de residencia, de trabajo y, por tanto, de

conducir un vehículo privado, obtener unos niveles de rentas que le permitan su compra, etc. Como explican Miralles y Cebollada (*op. cit.*), debido a esta serie de factores que indican en su accesibilidad, y de este modo, en su movilidad, suelen localizar su residencia en zonas centrales de las metrópolis, en donde la oferta de transporte colectivo y el acceso a bienes y servicios urbanos, es mayor. Esta situación se suele agravar de modo más acentuado para el caso de mujeres inmigrantes (Lucas *et al.*, 2001).

Por último, el cuarto grupo social que se va a analizar, sería aquél que está condicionado por el nivel de renta que tenga el colectivo. Según Mendizábal (1996), en los grupos sociales en el que los niveles de renta son bajos, la superficie de las viviendas son reducidas y los desplazamientos que realizan no suelen ser con transportes mecánicos, ya que tienen menos posibilidades de usar el automóvil, siendo dentro de este grupo donde los índices de motorización son los más bajos (Miralles y Cebollada, 2009). Al igual que ocurría con el colectivo de inmigrantes, el sector de la población con rentas bajas normalmente se ubica en las áreas centrales, ya que éstas se encuentran dotadas de una buena oferta de transporte público y fácil acceso a bienes y servicios urbanos (Avellaneda, 2007).

Por consiguiente, y como ya se ha comentado al principio de este epígrafe, para evaluar la accesibilidad de los individuos sobre el territorio de manera general, desde un enfoque socio-territorial, es necesario identificar por un lado, los diferentes contextos territoriales y, por otro, los perfiles socioeconómicos de los hogares. De este modo, las políticas urbanas deberían plantear medidas para subsanar estos procesos de segregación y exclusión, llegando como dice Le Breton (2004), incluso a escenarios de movilidad muy reducida o aislamiento.

En conclusión, se podría decir que la clave de toda política urbana sería la de invertir y evaluar la calidad de la movilidad con relación al acceso, y no, con relación al espacio recorrido. (Miralles, 1999).

2.6. Costes de la movilidad y transporte. Impactos en la sostenibilidad

2.6.1. Desarrollo sostenible

Como bien dice Muñoz (2012) extraído de Prospects (2003), el transporte urbano y el uso de infraestructuras viales destinadas a la movilidad es sostenible *“cuando proporciona el acceso a bienes y servicios de modo eficiente para todos los habitantes del área urbana; de tal forma que se protege el medioambiente, la riqueza cultural y los ecosistemas para las generación presente y, no se ponen en peligro las oportunidades para que las generaciones futuras alcancen al menos el mismo nivel de bienestar actual, incluyendo el bienestar que les será legado, relativo a los recursos naturales y herencia cultural”*. (p. 3)

Como se ha definido anteriormente y exponen Valenzuela *et al.* (2011), las transformaciones de las ciudades y la descentralización fragmentada de los usos residenciales y económicos sobre el territorio, han originado una gran dependencia del vehículo privado, un aumento de las redes de infraestructura viarias y ferroviarias para intentar abastecer tal dispersión territorial, y en definitiva, unos modelos urbanos con elevados costes ambientales, sociales, físicos y económicos, por lo que se convierte en imprescindible una movilidad más sostenible.

El transporte, al ser uno de los sectores más potentes y que va en aumento constantemente, es uno de los pilares a tener muy en cuenta dentro de la perspectiva del desarrollo sostenible. Por ello, el reto a conseguir es el de obtener un transporte sostenible ambiental, social y económicamente para la escala local, nacional, europea e internacional (Jiménez Herrero, 2011).

Según la ETE (1999) todo desarrollo territorial, en el sentido más amplio de la palabra (transporte, movilidad y accesibilidad, usos del suelo, actividades productivas y reproductivas, etc.), debe generarse de manera sostenible en torno a tres dimensiones, el aspecto económico, medioambiental y social. Por desarrollo sostenible se entiende lo que dice García Palomares (2007) acerca del informe Brundtland (1987) como *“aquél que permite garantizar las necesidades presentes de la generación actual sin comprometer la capacidad y posibilidades de las generaciones futuras, donde la condición necesaria para asegurar la capacidad de las generaciones futuras es la que*

cada generación precedente disponga para la creación de capital artificial y mantener y conservar el capital natural". (p. 26)

Es a partir de este informe (1987), cuando aparece la intención por parte de los organismos y entes públicos de buscar un modelo sostenible, ya que como expone Daly (1994), las tendencias de antes del informe se basaban en una movilidad que se había centrado en mayor medida en el vehículo privado, que ha condicionado tanto las formas de vida de los ciudadanos y de las ciudades, como la sostenibilidad urbana y territorial. De este modo, a partir de este momento, se considera que la movilidad sostenible es aquella que permita desplazarse mediante medios de transporte que generen los mínimos impactos ambientales posibles, a saber, ir a pie, bicicleta, transporte público, etc.

Pero como ya se ha ido explicando con anterioridad, para realizar el movimiento es necesario acceder al sistema de transportes. Éste es considerado como un mecanismo por el cual el individuo tiene la capacidad de ser móvil. Si el objetivo hasta el momento había sido un desarrollo sostenible, con una movilidad sostenible, para ello es condición *sine qua non*, que el sistema de transporte también lo sea. Los países miembros de la OCDE (1998) establecieron una serie de líneas guía para garantizar este hecho, que básicamente se refieren al equilibrio de la sostenibilidad, desde el punto de vista de la triada, economía, medio ambiente y sociedad. Por tanto, se pretende en primer lugar, *“una movilidad de personas y mercancías de manera respetuosa con el entorno, aceptable socialmente y viable económicamente”* (García Palomares, 2007, p. 27). Y en segundo, *“limitar la dependencia de los combustibles fósiles, el cambio climático, el consumo de recursos, la reducción de la contaminación atmosférica, acústica e indirecta de las aguas y la mejora de la ocupación del suelo”*. (García Palomares, 2007, p. 27).

La sociedad actual presenta unos patrones de movilidad de personas y de bienes bastante complejos, por lo que es evidente que demande un sistema de transporte que satisfaga las exigencias de la misma, de tal modo que sea económicamente eficiente, sostenible, seguro, inteligente, flexible, etc., en definitiva, que mejore nuestra calidad de vida promoviendo las relaciones de proximidad en pos de los desplazamientos de larga distancia (Miralles, 2002).

Whitelegg (1997) enumera una serie de características que tiene que tener un sistema de transportes eficiente. En primer lugar, el transporte tiene que ir en función de la movilidad de bienes y personas y no ser una finalidad en sí mismo. Como siguiente punto, los desplazamientos deben ser lo más cortos posibles para promover los viajes de proximidad y potenciar la economía local. Además de ahorrar en energía y tiempo. Y por último, se favorecerán más, los medios de transporte que potencien las relaciones sociales e impacten menos en el medio ambiente.

A continuación, se analizan los costes y los impactos de los diferentes medios de transporte que se utilizan actualmente. Todos ellos los tienen, pero el objetivo final es el de reducir de modo eficiente el uso de energía, materiales e información. Estos impactos y costes se pueden analizar desde dos escalas; por un lado, estaría la local o urbana, que como dice Jiménez Herrero (2011) lo que se pretende es minimizar la congestión urbana y metropolitana, mejorando el sistema de transporte, de modo que sea más seguro, sostenible y de calidad; y por otro lado, a nivel global, requieren especial atención los costes externos, ambientales y, por supuesto, los accidentes, para ello es imprescindible un buen diseño de la planificación del territorio y de las redes de infraestructuras.

2.6.2. Costes en la sostenibilidad

Costes económicos

“La sostenibilidad económica de todo sistema de transporte [...] vendrá determinada por la eficiencia, competitividad y rentabilidad del mismo, siempre que posibilite bienestar en forma de provisión eficiente de bienes y servicios”. (Muñoz, 2012, p. 28)

En la actualidad, el transporte supone un elemento clave para las conexiones (internas y externas) espaciales dentro de un territorio, cuyo objetivo final es el de poner en contacto a productores con consumidores, favoreciendo así un mejor acceso para los consumidores a una gran variedad de productos, a la par que brinda numerosas

oportunidades sociales y culturales. En definitiva, dota a los individuos de una libertad de elección, lo que ayuda a que el crecimiento económico se vea beneficiado.

A continuación, se analizan los costes del transporte, todos los tipos de transporte tienen sus servidumbres y sus costes.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que el transporte público, encuentra limitado su servicio a un recorrido y a un horario más o menos fijo. Los costes directos de este sistema serían el precio de la gasolina, el del billete, el tiempo (traducido en dinero), etc. Los usuarios del transporte público pagan una parte de los directos, el resto está subvencionado por la administración. Por otro lado, los costes indirectos se reflejan en los impuestos, que son subvencionados, y con los que se construyen a las infraestructuras viarias y ferroviarias.

El otro sistema de transporte, el privado, tiene otro tipo de inconvenientes, la congestión de las vías, en los medios no mecánicos (ir a pie y bicicleta) el esfuerzo físico, etc.). Los usuarios de los automóviles pagan los costes directos de la compra del coche, el mantenimiento del vehículo, etc. Sin embargo, sólo consideran los gastos de los desplazamientos. Los costes indirectos, en este caso, también son los impuestos que contribuyen a la construcción de las infraestructuras ferroviarias y viarias.

Por último, cabe decir que el coche es uno de los medios que más costes externos presenta, y al contrario de lo que se piensa, a veces, no siempre es el medio más rápido.

Costes ambientales

“La sostenibilidad medioambiental queda matizada mediante la protección de las oportunidades para que las generaciones futuras alcancen al menos el mismo nivel de bienestar actual, incluyendo el bienestar que les será legado, relativo a los recursos naturales y herencia cultural”. (Muñoz, 2012, p. 28)

En el presente, las investigaciones acerca de la movilidad cotidiana, como apuntan Estevan y Sanz (1996), se realizan mediante la inserción de un conjunto de variables de análisis que estudian el impacto de los costes medioambientales abarcando desde

la consumición de recursos como el suelo, agua, energía, etc. hasta la contaminación atmosférica, pasando por la del suelo y la acústica.

De todas estas variables que impactan en el medio ambiente, las que más costes externos conllevan no son los desplazamientos en sí, sino el uso de unos medios de transporte frente a otros. Así, como señalan Maddison *et al.* (1996), los medios de transporte no mecánicos (ir a pie y la bicicleta), tiene unos costes ambientales prácticamente nulos en comparación con los medios de transporte mecánicos.

Como señala Miralles y Cebollada (2009), los impactos medioambientales del sistema de transporte de los modos colectivos y privados, responden fundamentalmente a un elevado índice de motorización, lo que se traduce en una creciente necesidad de infraestructuras viarias para que circulen los vehículos, y por tanto, en un aumento del consumo de suelo. Otro hecho que impacta en especial en los desplazamientos de ciertos seres vivos, en concreto, los animales, es el hecho de que las infraestructuras viarias se convierten en verdaderas barreras, ya sea por su carácter físico en sí, o por la intensidad de movimiento que contienen. Finalmente, las emisiones de gases contaminantes y la contaminación acústica, se ha visto en aumento debido al alto crecimiento de los medios de transporte motorizados, en especial el vehículo privado, como consecuencia del aumento del parque de vehículos. Miralles (2012) comenta, con palabras de la Comisión Europea (EC, 2006), en su investigación acerca del uso del transporte privado, que *“el coche es el responsable del 71% de las emisiones atmosféricas del sector”* (p. 4).

Con todo esto, se observa un intento por darle importancia a las variables medioambientales que se acaban de ver para analizar y dar respuesta a las consecuencias medioambientales, tanto a escala local como global (Miralles, 2009).

Costes sociales

“La sostenibilidad social del sistema debería ser para todos, atendiendo a condiciones de salud, cohesión e integración, evolución demográfica, accesibilidad y habitabilidad”. (Muñoz, 2012, p.29)

La sostenibilidad urbana, como ya se ha visto, demanda una movilidad racional y sostenible desde varias perspectivas, pero la dimensión social es fundamental, ya que son las personas las que desarrollan los desplazamientos. En cierta medida, los costes sociales englobarían todos los impactos externos del transporte, es decir, los efectos medioambientales (accidentes, ruido, etc.) y los económicos (impuestos generales). O como cita Miralles (1999) en su libro “Modelos de movilidad en la Barcelona contemporánea”, según Merlín (1991) los costes deberían estar englobados en unos gastos generalizados de transporte o también llamados costes de la velocidad social según Illich (1975).

Debido a tal importancia de los costes sociales, la UE ha diseñado diversas metodologías de análisis con el fin de intentar cuantificar los costes sociales de la movilidad e integrar los aspectos sociales y económicos. Una de las últimas ha sido “Handbook on estimation of external cost in the transport sector”, desarrollada para estimar los costes que una determinada actuación en transporte afecta a la sociedad.

En primer lugar, para valorar los costes de la contaminación atmosférica se examinan los gastos de salud por servicios médicos, cáncer, pérdida de la esperanza de vida etc.; los gastos en la producción agrícola por disminución de la biomasa; y finalmente, los gastos ambientales por daños en ecosistemas, etc.

En segundo lugar, para los costes de la contaminación acústica se analizan las pérdidas en valor de propiedades por altos niveles sonoros, gastos en servicios médicos y gastos en daños a ambientales.

A continuación, para los costes por accidentalidad se analizan los gastos médicos, costos de muerte (aseguradoras), gastos jurídicos, etc.

Para el caso concreto de España, el sistema de transporte de bienes y personas muestra ciertas características de insostenibilidad, ya que la dependencia del automóvil llega en 2009 a niveles del 90%, frente a medios más sostenibles como el ferrocarril, que sólo se utilizó en un 5% (Jiménez Herrero, 2011). Para intentar solventar esta situación y conseguir una sostenibilidad integral, el mismo autor (*op. cit.*) considera imprescindible integrar las políticas de movilidad con las ambientales, de ordenación del territorio y urbanas, a la vez que se deberían tener muy en cuenta la participación ciudadana y la educación social.

Como conclusión, retomando las palabras de Miralles (2002), la movilidad sostenible no sólo es aquélla que reduce las emisiones de CO₂, sino que sobre todo la que reduce por las distancias cortas, lo que hace que el tiempo dedicado a viajar se reduzca, potencia los medios no mecánicos (ir a pie y en bicicleta) y fomenta las conexiones sociales, poniendo en valor la accesibilidad de todos al sistema de transporte. Por ello, la sostenibilidad también significa reflexionar sobre la gestión, la distribución y el uso del espacio público de la ciudad.

2.7. Síntesis del capítulo

En este segundo capítulo dentro del marco teórico de la presente tesis relacionado con la movilidad, se han abordado aportaciones relacionadas con el transporte, las nuevas ciudades del automóvil, la movilidad laboral, la accesibilidad a la misma y finalmente, sobre el desarrollo sostenible.

Como se ha visto, las nuevas ciudades surgidas de los procesos de transformación complementarios, pero a la vez contradictorios, como la centralidad urbana y periférica (Martí, 2014), vienen caracterizadas por la dependencia del uso del automóvil. Estos hechos han provocado que aparezcan una serie de problemáticas de diversa índole. Costes económicos, sociales y ambientales. Por todo ello, el objetivo al que se quiere llegar es al de conseguir definir unos modelos urbanos cuya movilidad sea lo más eficiente posible (Valenzuela *et al.*, 2011).

Los medios de transporte de las actuales metrópolis se adaptan a los procesos que modifican a las mismas. De este modo, los procesos de dispersión generan ciudades con dependencia de medios mecánicos (privados o colectivos), como se ha mencionado anteriormente, debido al aumento de las distancias entre las diferentes esferas de nuestra vida. Sin embargo, los procesos de concentración, acortan las distancias, y los medios no motorizados, como el ir a pie, cobran importancia, haciendo de estas ciudades lugares más eficientes. (Miralles y Cebollada, 2009). Con todo esto, hay que tener en cuenta que la movilidad, no sólo se ha visto aumentada por la mayor longitud de los desplazamientos debido a la descentralización urbana, sino que otro de los factores que ha contribuido, ha sido la mayor variedad de flujos,

ya que estos se encuentran diversificados, apareciendo desplazamientos por motivos laborales (*commuting*), de ocio, de estudio, de hogar, etc.

Finalmente, la movilidad y el territorio condicionan la accesibilidad que las personas tienen para acceder a los servicios básicos sociales y económicos que intervienen de forma unidireccional en las diferentes actividades diarias.

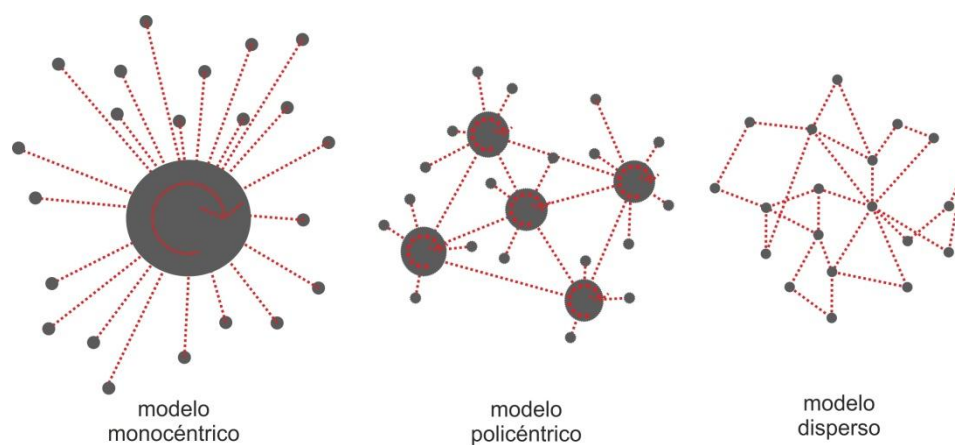
En un intento de sintetizar este capítulo, Valenzuela *et al.* (2012) lo expresan concretamente diciendo que *“las relaciones entre estructura urbana y patrón de movilidad han quedado patentes como consecuencia del aumento del número de viajes y uso del automóvil en las áreas urbanas durante las últimas décadas”*. (p. 5)

Antes de dar paso al capítulo III, y con el objetivo de aclarar conceptos al lector, se procede a exponer brevemente la definición de movilidad laboral (commuting).

Según Llano (2006), *“por commuting se entiende los desplazamientos de los habitantes de un área metropolitana desde su lugar de residencia hasta el de trabajo u ocio. La intensidad, dirección y estabilidad de los desplazamientos laborales aportan una valiosa información acerca de las fuerzas que impulsan el crecimiento de una ciudad, de la forma en la que las empresas y los hogares resuelven sus decisiones de localización, o de la predisposición de los individuos a migrar o soportar largos trayectos hasta el lugar de trabajo u ocio. En muchos modelos teóricos de economía urbana, la distancia y el tiempo de commuting son factores clave para determinar la localización óptima de las empresas y los hogares”*.

En este sentido, y como se exponía en la segunda hipótesis (Figura 25), se pretende verificar, que una estructura urbana policéntrica, es decir, en donde la población y el empleo se encuentran localizados en asentamientos compactos y conectados entre sí, al ofrecer más puestos de trabajo repartidos por el territorio, la distancia de *commuting* se vería reducida.

Figura 25. Esquema de commuting según el tipo de estructura urbana



Fuente: Elaboración propia

A continuación, una vez que se han analizado las bases teóricas del consumo de suelo, estructura urbana y movilidad laboral, se procede a analizar diversos estudios empíricos acerca del impacto de la estructura urbana policéntrica sobre el consumo de suelo, primero. Y segundo, el impacto del policentrismo sobre la movilidad laboral.

Capítulo III

Estado del arte del impacto del policentrismo sobre el consumo de suelo

En la primera parte del estado del arte, la revisión de esta investigación se realiza mediante el estudio de los métodos de análisis de las estructuras urbanas policéntricas desde el punto de vista morfológico, cuyo objetivo es la identificación de subcentros y medición del policentrismo, ya que a través de esta metodología se observa cómo se distribuyen las densidad urbanas (inversa del consumo de suelo), entre otras cuestiones.

El primer objetivo fundamental de esta tesis doctoral es averiguar hasta qué punto, los subcentros, efectivamente, reducen el consumo de suelo en el contexto de los principales sistemas metropolitanos españoles.

La estructura que conforma el capítulo es la siguiente. En primer lugar, se muestran brevemente las diferentes metodologías que han sido aplicadas en la identificación de subcentros de empleo bajo métodos y funciones basados en análisis de densidad o enfoque morfológico. En el segundo apartado, se hace una revisión de la literatura empírica sobre el consumo de suelo a través del gradiente de la densidad urbana. Y por último, se desarrolla una breve síntesis de los conceptos desarrollados en el capítulo.

3.1. Introducción

“La aparición de sistemas progresivamente extensos, donde los límites entre el campo y la ciudad han sido erosionados, ha dominado la escena a partir de la segunda mitad del siglo pasado. De esta manera, el crecimiento compacto por continuidad ha perdido fuelle a favor del crecimiento por dispersión de baja densidad. Así, el suelo, uno de los recursos más limitados, ha sido depredado de una manera vertiginosa. En pro de la sostenibilidad, las agendas de los planificadores territoriales han situado al policentrismo como una alternativa a la dispersión”. (Tornés y Marmolejo, 2012, p. 3)

Es a partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando el tema del policentrismo en las grandes áreas metropolitanas ha ido cobrando cada vez más importancia en la literatura que revisaba la materia sobre temas urbanos. Con el tiempo, se han ido creando y perfeccionando métodos para la delimitación e identificación de subcentros de empleo, ya que estos son considerados como piezas con una influencia funcional en su entorno, estructurando a su alrededor flujos de personas que se desplazan para consumir servicios o trabajar en dichos núcleos (Marmolejo, 2014).

Estos métodos han evolucionado a lo largo del tiempo, desde criterios de identificación históricos, a culturales o económicos, se pasó a una delimitación teniendo en cuenta ciertas variables como la movilidad obligada o la densidad urbana de población y de empleo.

A continuación, se va a desarrollar en concreto, los métodos basados en la variable densidad de empleo/población.

3.2. Identificación de subcentros mediante métodos basados en los análisis de Densidad

“Desde el punto de vista de la morfología de las ciudades, la polinucleación se refiere básicamente a la pluralidad de centros urbanos en un territorio dado, y más concretamente a la distribución balanceada en cuanto al tamaño y la importancia de tales centros urbanos y su interacción con sus zonas de influencia”. (Ruiz et al., 2013, p. 54).

Sin embargo, tal y como lo expresa Marmolejo *et al.* (2015b), desde la teoría de renta ofertada (O’Sullivan, 2007), la densidad está directamente correlacionada con la renta del suelo y con el nivel de accesibilidad. De modo que cuanto mayor es la centralidad, mayor es el ahorro en costes de transporte y mayor la disponibilidad a pagar por el suelo y, en consecuencia, la densidad edificada incrementa. En contra, en las localizaciones periféricas el suelo es más barato, lo que origina que la tipología de edificación más común y favorable sea la horizontal, con densidades bajas. El análisis de la densidad, tanto como indicador económico de concentración de la actividad, como demográfico (número de residentes), refleja la intensidad de uso del espacio de

ciertos puntos del territorio que evidencian la existencia de centralidades y permite hacer comparables las unidades de análisis cuando presentan formas diferentes (límites, superficies, etc.).

3.2.1. Métodos para la detección e identificación de subcentros

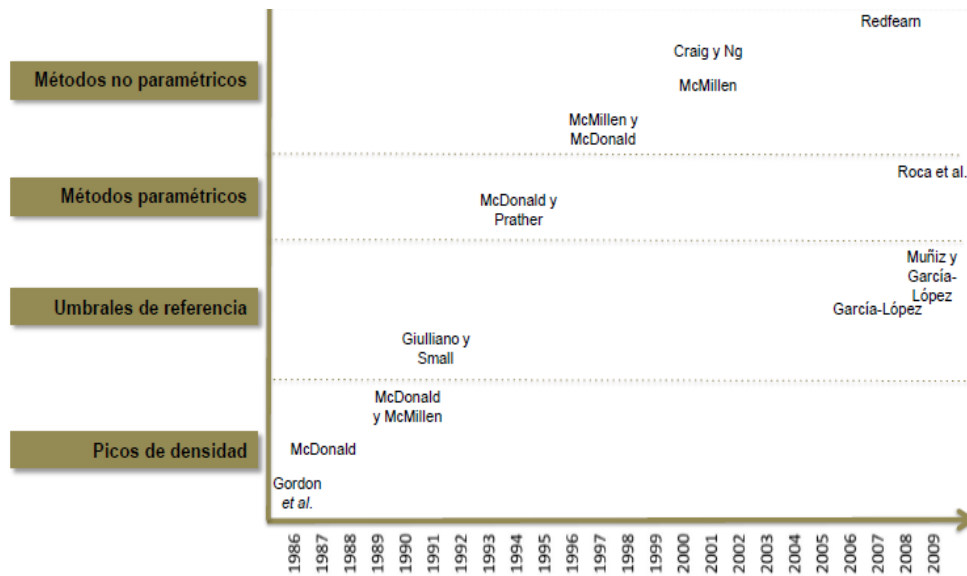
Bajo esta óptica, la literatura especializada ha desarrollado cuatro líneas de métodos de detección de subcentros estructuradores del territorio, siendo además, este tipo de modelos basados en la densidad, los que más se han desarrollado en la literatura científica (Tabla 6 y Figura 26):

Tabla 6. Síntesis del estado del arte de los métodos basados en el análisis de Densidad

GRUPO	CRITERIO	PRINCIPALES APORTACIONES
Detección de picos de empleo	Identificación de áreas con densidades de empleo significativamente diferentes a las de su entorno.	McDonald (1987); Gordon, Richardson & Wong (1986); McDonald & McMillen (1990); Craig & Ng (2001)
Umbrales de referencia	Identificación de áreas que superan simultáneamente un umbral de masa crítica y otro de densidad, en ambos casos de empleo.	Giuliano & Small (1991); Cervero & Wu (1997); McMillen & McDonald (1997); Bogart & Ferry (1999); Sheamur & Coffey (2002); Hall & Pain (2006); Giuliano & Readfearn (2007); García-López (2007,2008); Muñiz & García-López (2009); Gallo, Garrido & Vivar (2010)
Paramétricos	Identificación de áreas con residuos significativamente positivos en un modelo econométrico en donde la variable explicada es la densidad de empleo y la explicativa es la distancia al CBD.	McDonald & Prather (1994); Ruiz & Marmolejo (2008); Roca, Marmolejo & Moix (2009); Aguirre y Marmolejo (2010)
No Paramétricos	Ídem anterior pero considerando las especificaciones locales del espacio bidimensional mediante el uso de la regresión local o geográficamente ponderada	McMillen (2001 ^a); Craig & Ng (2001); Readfearn (2007); Suarez & Delgado (2009)

Fuente: Marmolejo *et al.* (2015)

Figura 26. Enfoque morfológico de los métodos de análisis para el estudio de estructuras urbanas policéntricas



Fuente: Ruiz (2016)

Metodología basada en los picos de densidad laboral

El primer criterio fue el propuesto por McDonald (1987) para la investigación llevada en Chicago en 1970 de 42 zonas. Este método se basa en la identificación de “picos” de densidad de empleo en relación a las zonas colindantes (el autor explica que un subcentro es el segundo pico más allá del distrito de negocios central, el CDB). El criterio utilizado consiste en analizar la distribución espacial de la función de densidad de empleo, en vez de la de población, mediante herramientas SIG; siendo candidatos a subcentros los picos locales de empleo encontrados. En concreto, calcula dos variables, la densidad bruta de empleo y el *ratio* empleo-población (*Job-ratio*). La mayor limitación de estos métodos es la dificultad para identificar subcentros que no se encuentran aislados, sino aglomerados con otros subcentros.

Esta línea de investigación fue continuada por Gordon *et al.* (1986) para la detección de subcentros en Los Ángeles en 1980, por McDonald y McMillen (1990) para comparar los subcentros entre 1956 y 1970; y Craig y Ng (2001), que identifican 7 subcentros de empleo en la región de Houston. Dentro de estos criterios que se basan en los picos de densidades, el estudio realizado por Trullén y Boix (2003) analiza el

territorio en busca de subcentros con umbrales de referencia de ocupación. De tal modo que califican de subcentro aquellas partes del territorio que cumplen un determinado nivel de habitantes u ocupados. Este tipo de estudios son claros y sencillos pero presentan algunas problemáticas, una de ellas fundamental es que la dimensión no tiene por qué estar condicionada con la capacidad de influencia con el resto del territorio colindante (un claro ejemplo son las ciudades dormitorio cerca de grandes centros urbanos).

Metodología basada en los umbrales de referencia

El segundo criterio metodológico fue el desarrollado por Giuliano y Small (1991) en el estudio de unas pequeñas unidades espaciales que reciben el nombre de TAZ's (en inglés, *transportation analysis zones*) de Los Ángeles en 1980 y recibe el nombre de umbrales de referencia (*cutoffs*). Este criterio presenta dos novedades frente al anterior: por un lado, establece un nivel mínimo de masa crítica para la identificación de subcentros, y por otro, el uso de la información de viajes al trabajo del censo de 1980. Dicho criterio identifica los subcentros teniendo en cuenta tanto la densidad (empleos por kilómetro cuadrado), como los valores absolutos o masa crítica de empleos. De tal suerte que un subcentro es considerado como tal cuando presenta una densidad de empleo total de más de 10 trabajadores por acre (25 puestos de trabajo por hectárea) y una masa total crítica de al menos 10.000 puestos de trabajo. En esta línea, García-López (2007, 2008) y Muñiz y García-López (2009), sugirieron que los subcentros son zonas con una densidad bruta superior a la media metropolitana y con un nivel de masa crítica igual o superior al 1% del total del empleo metropolitano. Estos estudios se llevaron a cabo para analizar la distribución espacial del empleo industrial para la Región Metropolitana de Barcelona en el periodo comprendido entre 1991 y 2003.

Siguiendo esta línea de investigación, tal y como menciona García-López (2006), son numerosos los estudiosos que han usado esta metodología para la detección de subcentros. Entre otros, Song (1994), Cervero y Wu (1997), McMillen y McDonald (1997, 1998), Bogart y Ferry (1999), Anderson y Bogart (2001) y Shearmur y Coffey (2002).

Metodologías basadas en los residuos positivos (métodos paramétricos)

El tercer modelo es estadístico-econométrico, por lo que es el método más objetivo de todos los que se analizan en este documento, y por tanto, no requiere de un conocimiento previo de los casos de estudio. Este criterio fundamenta la detección de subcentros en un conjunto de modelos paramétricos mediante la función exponencial negativa linealizada. En dichos modelos, se analizan los residuos positivos de una función de densidad laboral significativos al 95% de confianza.

El trabajo precursor y de mayor relevancia lo desarrollan los autores McDonald y Prather en 1994 para el caso de Chicago en 1980. Posteriormente, en España, se pueden encontrar los estudios realizados por Ruiz y Marmolejo (2008), Roca *et al.* (2009) y Aguirre y Marmolejo (2010).

Metodologías basadas en métodos no paramétricos

La última aproximación es la desarrollada mediante la utilización de métodos no paramétricos para la detección de “picos” de densidad de empleo a nivel local, lo que permite adaptar el manto de densidades a la realidad espacial de la estructura urbana.

Los estudios de McMillen (2001) con datos de 1990 para las ciudades de Chicago, Dallas, Houston, Los Ángeles, Nueva Orleans y San Francisco, muestran la utilización de métodos no paramétricos para la detección de subcentros mediante la utilización de una estimación *Locally weighted regression* (en adelante, LWR) de una estructura espacial monocéntrica (García-López, 2006). Estos análisis los realiza en dos etapas. En la primera etapa, identifica los candidatos a subcentro como los residuos positivos significativos de una función de densidad laboral; y en la segunda etapa, evalúa los candidatos y selecciona los subcentros con una alta significancia de la función de densidad laboral. Posteriormente, aparecerán los estudios de Craig y Ng (2001) para áreas urbanas multicéntricas de Houston y los de Readfearn (2007) para Los Ángeles.

Metodologías basadas en la econometría espacial

El último grupo de investigaciones están enfocadas a la detección de subcentros como concentraciones de empleo mediante una técnica objetiva reciente de econometría espacial, *Exploratory Spatial Data Analysis* (EDSA).

Bajo esta perspectiva, se encuentra el trabajo pionero en la aplicación de dicha metodología de Baumont *et al.* (2004) para el caso de estudio de Dijon en 1999. Para identificar áreas con un empleo y una densidad de empleo significativamente mayores que las zonas adyacentes, calculan dos estadísticos. Primero, el estadístico de Moran global, y segundo, el estadístico local. Posteriormente, aparecen los trabajos de Guillain *et al.* (2004) que aplican este método pero utilizando el *ratio* empleo-población en Ile-de-France para 1978 y 1997.

En cuanto a la detección e identificación de subcentros a escala metropolitana desde la perspectiva morfológica, cabe destacar que un sistema policéntrico es aquél en el que las actividades económicas están equipotencialmente distribuidas entre los diferentes centros, no existiendo ni jerarquías, ni de tamaño, ni de importancia absoluta de los centros más grandes. Bajo esta óptica, sobresalen dos prácticas (Ruiz *et al.*, 2013):

La ley Rango Tamaño

La regla rango-tamaño es un instrumento de análisis e interpretación que permite comparar la distribución jerárquica de las ciudades de un sistema en la realidad con su distribución ideal de la población. Cuanto más uniforme es la relación rango-tamaño a lo que se refiere en términos de población, mayor índice de policentrismo existe en dicho sistema urbano.

Los estudios de Burger y Meijers (2012) en 42 regiones del área urbana de Holanda, establecen las relaciones jerárquicas que se suscitan entre diferentes centros urbanos usando la ley rango-tamaño. En un primer lugar, calculan el número de subcentros, lo que les da la noción morfológica del policentrismo; en segundo lugar, calculan la parte funcional del policentrismo, la policentricidad, mediante un indicador de centralidad. De este modo, concluyen en que cuanto más se adapte la pendiente de la recta a la

distribución rango-tamaño, mayor nivel de policentrismo de la región estudiada. (Ruiz, 2016).

Esta herramienta también ha sido utilizada por Hall y Pain (2006), Meijers (2008) y el proyecto *Polynet*, que tuvo como objetivo analizar y comparar el funcionamiento de 8 regiones del Noroeste de Europa.

Indicadores de distribución espacial

Uno de los métodos utilizados en la cuantificación de la polinucleación, el aspecto morfológico del policentrismo, es el trabajo desarrollado por Tsai (2005). Dicho autor introduce el indicador de Gini para detectar cuatro problemas principales con los que es posible describir adecuadamente una estructura espacial urbana. Junto a la de variable tamaño metropolitano, es importante investigar la densidad poblacional, la concentración de los empleados y su grado de agrupación de las áreas de alta densidad dentro de la ciudad.

Como explica Ruiz (2016), la primera variable viene mensurada por el agregado de la población. La tercera, la concentración de la actividad económica, viene determinada por el indicador de Gini para determinar la distribución del empleo o población dentro de una zona metropolitana. De tal manera que un alto coeficiente de Gini, mostraría una alta densidad en pocas subáreas, mientras que un Gini cercano a cero, representaría una distribución uniforme.

Y por último, el grado de agrupación de las áreas densas se determina mediante los índices de Moran y Geary que cuantifican la autocorrelación espacial del empleo o de la población para distinguir, en definitiva, si la estructura urbana caso de estudio sigue unos patrones de monocentrismo, policentrismo o dispersión.

Siguiendo a Ruiz (*op. cit.*), bajo esta misma perspectiva se encuentra el trabajo de Marmolejo y Cerda (2012), en donde analizan los cambios en la concentración espacial de la población de las principales metrópolis españolas para el periodo 1991-2006. Utilizando un modelo de regresión multicéntrico, estudian la evolución de la influencia de los subcentros sobre la distribución de la densidad poblacional, donde la variable a explicar es la densidad de población y las variables explicativas son la

distancia de cada municipio al CBD y la distancia al subcentro (referido a la cabecera del subsistema que contiene a dicho municipio).

A continuación, se presentan las diferentes funciones de densidad que han sido aplicadas para determinar el tipo de estructura espacial de las diferentes metrópolis.

3.2.2. Funciones de densidad urbana por tipologías de estructura urbana

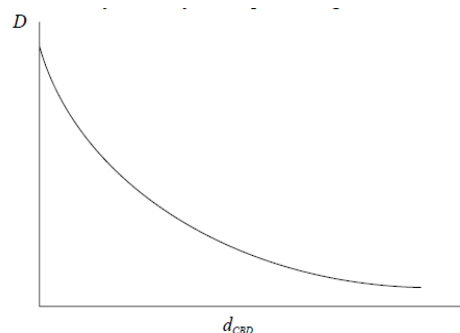
En este epígrafe se muestran de modo esquemático las funciones de densidad organizadas según la estructura urbana que explican, de este modo, se dividen en estructuras exclusivamente monocéntrica, exclusivamente policéntricas, o mixtas, es decir, son funciones que capturan tanto una estructura monocéntrica como policéntrica (García-López, 2010). Este autor (*op. cit.*) expone de una manera clara y ordenada las diferentes funciones de densidad de empleo que han sido utilizadas en la literatura:

Funciones de densidad de la estructura monocéntrica

- Función exponencial negativa

Esta función es la que mejor define el modelo de ciudad monocéntrica, ya que relaciona la densidad y la distancia al CBD, y de hecho, se ha utilizado extensamente en las ciudades norteamericanas del siglo XX (Figura 27).

Figura 27. Función exponencial negativa



Fuente: García-López (2010)

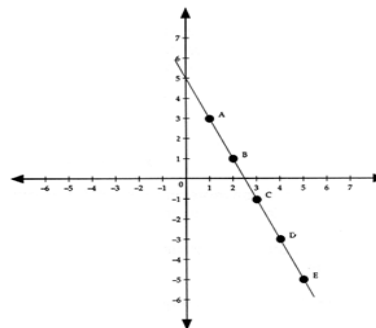
A pesar de la gran difusión de esta función, ha sido la transformación de la misma en una linealizada, mediante la aplicación de logaritmos neperianos, la que se ha utilizado más.

Algunos de los trabajos en los que se ha aplicado esta función son los siguientes. Frankena (1978) realiza un estudio para la ciudad de Toronto en 1971, tomando como densidad la de empleo, pero diferenciándola por sexo y renta. Para Chicago, se encuentran los trabajos de McDonald (1987) durante el periodo comprendido entre 1956 y 1970, distinguiendo la densidad neta laboral en cuatro tipos, manufactura, transporte y comunicaciones, comercio y sector público. Y los de trabajos de McDonald y Prather (1994) que estudian de nuevo el caso de Chicago en 1980, pero en este caso la función se aplica a la densidad bruta del total del empleo. Small y Song (1994) analizan la ciudad de Los Ángeles para los años 1970 y 1980, utilizando en este caso, tanto la densidad de empleo como la de población.

- Función lineal negativa

Como se ha comentado en el apartado anterior, la función exponencial negativa es la que más se ha utilizado en la literatura para representar la distribución espacial del empleo, pero McDonald y Prather (*op. cit.*) introdujeron algunas variaciones de la misma, llamada función lineal negativa para el estudio de la ciudad de Chicago. Esta función vendría a ser el siguiente paso de la función linealizada de la exponencial negativa vista anteriormente, además de responder con mayor facilidad a la hora de calibrar los modelos de regresión (Figura 28).

Figura 28. Función lineal negativa



Fuente: García-López (2010)

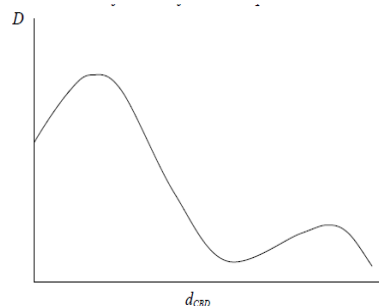
Algunos autores han utilizado este tipo de funciones de densidad de población, como son Latham y Yeates (1970) y Newling (1969), para detectar picos de densidad fuera del CBD. En último lugar, Cervero y Wu (1998) analizan la distribución espacial del empleo en el área metropolitana de San Francisco para los años 1980 y 1990.

Función de densidad de la estructura mixta, monocéntrica-policéntrica

- Función *cubic spline*

Esta función ha sido fundamentalmente aplicada para el comportamiento de la densidad de la población, sin embargo, no tanto para el caso del empleo. La característica a resaltar de este tipo de funciones es la posibilidad de detectar tanto máximos (subcentros), como mínimos (zonas de densidad mínima) locales de densidad (Figura 29). Un ejemplo de función *cubic spline* de densidad laboral es la investigación llevada a cabo por Craig y Ng (2001) para ciudades multicéntricas de Houston, en la que la densidad laboral viene condicionada por la distancia al CBD.

Figura 29. Función cubic spline

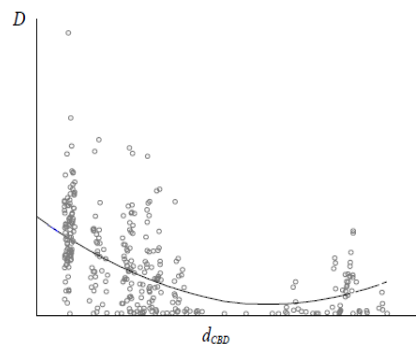


Fuente: García-López (2010)

- Regresión localmente ponderada

Una función también caracterizada por la buena sensibilidad de detectar las diferentes estructuras urbanas, monocéntricas o policéntricas, es la función de la regresión localmente ponderada (LWR), realmente responde a una estimación diferente al de los mínimos cuadrados ordinarios (Figura 30).

Figura 30. Regresión localmente ponderada



Fuente: García-López (2010)

McMillen (1996) ha utilizado extensamente este tipo de función para determinar dos objetivos: el primero, establecer la distribución espacial del empleo monocéntrico, o si por el contrario, tiene picos de densidad de empleo y responde así a una estructura policéntrica; y segundo, para la detección de subcentros de empleo.

Función de densidad de la estructura policéntrica

- Función exponencial aditiva

Esta función es simplemente la función exponencial del modelo de ciudad monocéntrica que se ha visto anteriormente, a la que se le suma la relación exponencial entre densidad y distancia al subcentro (García- López, 2010). Con palabras de este mismo autor (*op. cit.*), “*con el uso de esta función se asume que los agentes económicos situados en una determinada localización quieren tener acceso a todos los subcentros de la ciudad, siendo estos complementarios entre sí y con el CBD. En otras palabras, no todos los agentes económicos pueden acceder con el mismo coste a cada uno de los centros de empleo*”. (p. 82)

Algunas de las investigaciones que se han realizado mediante el uso de la función exponencial aditiva se han llevado a cabo por autores como Gordon y Richardson (1986), Song (1994) y Small y Song (1994), todos ellos para la metrópolis de Los Ángeles.

- Función exponencial multiplicativa

La función exponencial multiplicativa es una función simplificada de la anterior, por lo que la utilización de ésta es más sencilla. Como el nombre indica, en vez de sumar la relación exponencial entre la densidad y la distancia al subcentro, se multiplican por la del CBD. Para evitar problemas de multicolinealidad, en algunos trabajos se ha sustituido la distancia al subcentro, por la inversa de la distancia a éste.

Las investigaciones que se han llevado a cabo se han realizado con densidades laborales, entre las que destacan los trabajos realizados por McDonald y Prather (1994), McMillen y McDonald (1997 y 1998), McMillen y Lester (2003) o McMillen (2004).

Las funciones que se acaban de mostrar ayudan a entender la realidad de la localización espacial del manto de densidades laborales y ver hasta qué punto, los subcentros ejercen una influencia en la distribución espacial del empleo.

- La función exponencial maximizadora

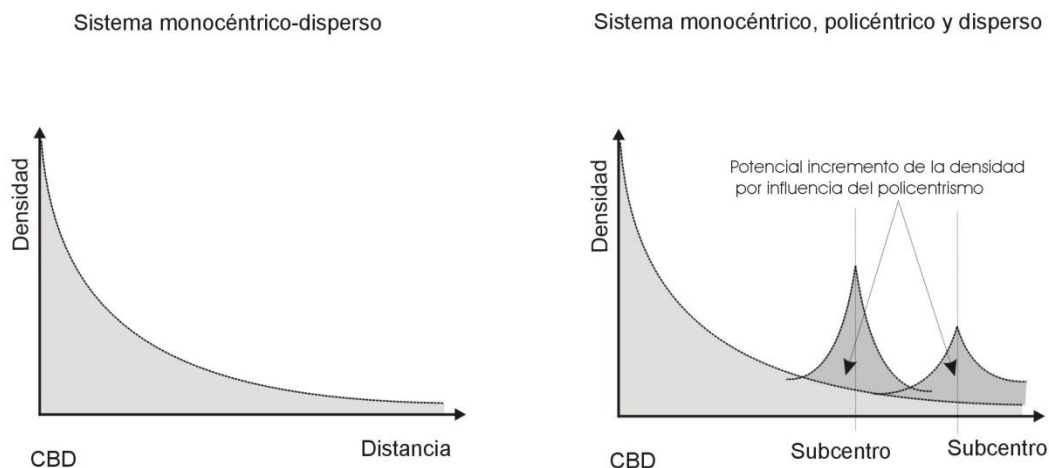
La última función que se va a analizar en este documento es la función exponencial maximizadora, que por su punto de partida es contraria a las dos funciones anteriores (García-López, 2010). Dicha hipótesis inicial, establece que cada subcentro puede sustituir al resto de subcentros, a la vez que tiene una zona de influencia propia y separada del resto (Anas *et al.*, 1998).

3.3. Literatura empírica sobre el consumo de suelo a través del gradiente de la densidad urbana

El estudio de la densidad urbana ayuda al entendimiento de la estructura espacial urbana de las metrópolis, ya que indica el grado de concentración de la población y/o empleo y la ocupación del suelo urbano. En concreto, la densidad de la población residente, sirve como indicador para diseñar equipamientos educativos, de salud, para planificar las infraestructuras de transporte y para programar las políticas medioambientales (Martori, 2010).

Tornés et al. (2012), explican que “en un sistema monocéntrico, a medida que la distancia al centro incrementa, la densidad irá disminuyendo a la par que la renta del suelo también lo hace (puesto que se va haciendo progresivamente más caro afrontar los costes de transporte hacia el centro en donde se presume se encuentra monopolizada tanto la oferta de empleo como de servicios y productos de consumo). Ahora bien, si al sistema monocéntrico le acompañan subcentros de empleo y servicios ubicados en la periferia, el coste de transporte tendría que disminuir puesto que los viajes podrían tener como destino lugares más próximos y, por tanto, la renta del suelo tendría que incrementar y consecuentemente la densidad, es decir, que el consumo de suelo per cápita tendría que reducirse. [...]” En la Figura 31, “[...] en el gráfico de la derecha, se observa que la aparición de subcentros periféricos produciría un incremento de la densidad en sus entornos y por ende una potencial reducción del consumo de suelo per cápita”. (p. 6)

Figura 31. Impacto potencial de los subcentros sobre el gradiente de densidad (inversa del consumo de suelo)



Fuente: Tornés et al. (2012)

Dentro de las aportaciones de la Nueva Economía Urbana (NEU), una de las más importantes es la de la hipótesis de co-localización del empleo y de la población. En dicha hipótesis se establece que la densidad está directamente correlacionada con la renta del suelo y con el nivel de accesibilidad. Es decir, cuanto mayor es la centralidad, mayor es el ahorro en costes de transporte y mayor la disponibilidad a pagar por el suelo y, en consecuencia, la densidad edificada incrementa. Retomando a Tornés et al. (op. cit.), “de esta manera los sitios centrales son también sitios densos en donde el

consumo de suelo per cápita (o al menos por metro cuadrado edificado) se minimiza”.
(p. 6)

En contra, en las localizaciones periféricas el suelo es más barato, lo que origina que la tipología de edificación más común y favorable sea la horizontal, con densidades bajas. A partir de esta hipótesis, Veneri (2010) expresa que el gradiente de la densidad de población en los subcentros será negativo y estadísticamente significativo, sabiendo que el gradiente de densidad de población es el parámetro que evalúa el efecto del subcentro en la densidad de población (Sánchez Trujillo, 2013).

Uno de los primeros trabajos que relaciona la densidad de población de una zona con la distancia que la separa del centro es el de Clark (1951). A este estudio le siguen los trabajos que desarrollan la teoría de la Renta Ofertada (Alonso, 1964; Muth, 1969 y Mills, 1972), que establece que en un modelo monocéntrico, tanto la dimensión poblacional como la laboral, se ubican en el centro de la ciudad, de tal modo que conforme aumenta la distancia a éste, los niveles de renta del suelo se reducen pero aumentan los costes de transporte. Así Muñoz *et al.* (2003) expresan que el gradiente de densidad de población responde a la variación de la densidad de población respecto de la distancia al centro.

El mejor indicador de accesibilidad para puestos de trabajo o para zonas con altas concentraciones de población es la distancia de cada zona del área metropolitana al CBD.

Sánchez Trujillo (2013) analiza las diferentes aportaciones que se extraen de las investigaciones llevadas a cabo en estudios sobre el efecto de los subcentros en la densidad de la población. Cabe señalar que la gran mayoría de estudios se han obtenido mediante funciones de densidad de población, siendo más reducidos los estudios para el caso de la densidad laboral. Según Sánchez Trujillo (*op. cit.*), las conclusiones a las que llegan los diversos autores de estas investigaciones se pueden agrupar en tres grupos:

3.3.1. Estudios con gradientes de densidad poblacional negativos

Bajo esta perspectiva, en la que los gradientes de densidad son de signo contrario al signo esperado negativo, y estadísticamente significativos, se encuentran los trabajos

de Clark (1951), que se ha citado anteriormente como uno de los clásico estudios en los que se relaciona la distancia al centro de una zona densa poblacionalmente; la investigación llevada a cabo por Newling (1969) para el año 1960 intenta describir la densidad de población. Para ello, se observó que la densidad del CBD disminuía y que es, en torno a un anillo circular periférico, donde se concentran las densidades más altas, conforme aumenta la distancia al centro la densidad va disminuyendo. Estos resultados observados muestran una gráfica en forma de campana, que a nivel de la población responde con una elección de la localización de la residencia cerca del centro puesto que existen más empleo, servicios, comercio, etc., aparte de que aumenta el coste de transporte.

Más adelante, Gordon y Richardson (1986) analizan para la ciudad de Los Ángeles el comportamiento de la población y del empleo, concluyendo que el modelo policéntrico resulta más explicativo que el monocéntrico. Este trabajo recibió críticas ya que se centró en subcentros residenciales exclusivamente; Small y Song (1994) también desarrollan sus investigaciones para la ciudad de Los Ángeles, pero en este caso utilizando valores residenciales y laborales para estudiar el comportamiento de la población y del empleo en los subcentros. Recientemente, García-López (2010) ha reconocido que en la ciudad de Barcelona, los subcentros de población también pueden ejercer una influencia sobre la organización de la densidad vecina, debido a la existencia de los servicios locales, tales como servicios de consumo, cultural o medioambiental.

A parte de los estudios que se acaban de citar, también caben destacar los trabajos de Muñiz *et al.* (2008) y Muñiz *et al.* (2012), entre otros.

3.3.2. Estudios con gradientes de densidad poblacional positivos

En esta ocasión, las conclusiones arrojan resultados contradictorios a los primeros, ya que los gradientes son positivos, esto quiere decir que, conforme aumenta la distancia al centro, también lo hace la densidad de población. Sánchez Trujillo (2013) denomina este efecto sobre los subcentros como expulsión de la población. Los trabajos de Papageorgiou y Pines (1999) y Wang (1999), concluyen que la proximidad a un subcentro ejerce un efecto positivo sobre la densidad de población. Bajo esta línea de investigación se encuentran los estudios de McDonald y McMillen (2000) y McMillen y

Lester (2003), estos autores encontraron para la ciudad de Chicago, que el crecimiento del empleo se agrupa en torno a subcentros preexistentes superando la oferta de vivienda de lugares más distantes. Definen a los subcentros como zonas de atracción para el comercio, además de la existencia de suelo de uso residencial.

También están los trabajos que han desarrollado Baumont *et al.* (2004), que como se ha mencionado anteriormente, analizan la ciudad de Dijon (250.000 habitantes) en 1999, encontrando zonas con densidades de empleo significativamente mayores en zonas adyacentes al centro.

Muñiz *et al.* (2008) aportan diversas hipótesis por las que los gradientes de densidad urbana podrían ser positivos.

En primer lugar, la proximidad entre los subcentros y el CBD, es decir, alejarse del CBD significa acercarse a los subcentros, y por ende, en vez de que la densidad decaiga conforme incrementa la distancia, ésta aumenta por la cercanía a las centralidades secundarias.

A continuación, la creación de los subcentros en zonas previamente con una densidad de población elevada (subcentros maduros). Como ya se ha comentado en Marmolejo *et al.* (2015b) definen a un subcentro maduro como un tipo de subcentro que “*proviene de la integración de centros antiguamente independientes con una mayor diversificación de su base económica, fijación de su población y con más servicios*” (p.8). Sin duda, estas características ayudan a que la densidad sea positiva en estas zonas.

Finalmente, el tamaño de los subcentros pequeños, normalmente localizados cerca del CBD, ayuda a la localización del empleo evitando, en parte, la descentralización espacial de la actividad.

3.3.3. Estudios en los que los resultados de las investigaciones concluyen con gradientes de densidad poblacional estadísticamente no significativos

Tal y como añade Sánchez Trujillo (2013), estas conclusiones pueden “*interpretarse como una desconexión entre el empleo localizado en los subcentros y las decisiones*

de localización de la población; esto es, la accesibilidad a los centros de empleo no sería un factor relevante en la elección del lugar de residencia". (p.19)

En este grupo se encuentran los trabajos de Griffith (1981), Dowall y Trefeisen (1991) y McDonald y McMillen (2000). Griffith (*op. cit.*) estudia la relación entre la densidad de población y la accesibilidad a los centros de trabajo para evaluar la capacidad de organización de cada subcentro sobre las zonas adyacentes, de modo que así se eviten solapamientos de los efectos de los subcentros (Sánchez Trujillo, *op. cit.*).

En los trabajos de McDonald y McMillen (*op. cit.*), los autores encontraron para la ciudad de Chicago que las nuevas y grandes expansiones residenciales se encuentran bastante alejadas de los subcentros debido a la existencia de la disponibilidad de suelo en la periferia y a que los subcentros resultan atractivos para los esquemas comerciales que promueve la creación de residencias en sus entornos.

Motivos por los que la intermediación de la población al lugar de trabajo haya dejado de ser importante (García-López, 2010). Por un lado, ocasionados por intereses culturales, ambientales o de consumo. Por otro, los avances en las infraestructuras del transporte o las mejoras en las tecnologías de comunicación, hacen que aparezcan nuevas formas de trabajo en las que la presencia física del trabajador en el lugar de empleo ya no es indispensable (*p.e.* el teletrabajo con su consecuente ahorro del doble viaje diario: de la casa al trabajo y del trabajo a la casa, empleo flexible, etc.)

Por último, es importante añadir que la mayoría de los estudios previos han descuidado el hecho de que la forma urbana se basa no sólo en la proximidad a los centros, sino en muchos otros factores, con una incidencia en la renta de la tierra (como las externalidades ambientales o la diferenciación social del espacio), las restricciones físicas (tales como la complejidad orográfica) o las políticas urbanas (evolución de una expansión urbana).

3.4. Síntesis del capítulo

En este capítulo se han examinado: en primer lugar, los métodos que analizan las estructuras urbanas policéntricas, para identificar subcentros por criterios de densidad; segundo, la mensuración del policentrismo desde un punto de vista morfológico, en

concreto, la componente de la polinucleación del policentrismo (este concepto se verá desarrollado en los capítulos V y VI de Metodología y Discusión de los Resultados). Y por último, se ha realizado una revisión de las investigaciones empíricas sobre la relación entre las estructuras urbanas policéntricas y la eficiencia de la urbanización, en este caso específico, el consumo de suelo (inversa de la densidad urbana).

Como se ha comentado en el desarrollo de este capítulo, las técnicas de identificación de subcentros y mensuración del policentrismo desde el análisis de la densidad, ya sea laboral o demográfica, son las que más se han utilizado en la literatura específica.

Una de las ventajas que presentan este conjunto de métodos, es que la densidad permite estandarizar las unidades que se están analizando (*p.e.* secciones censales; límites municipales, etc.) a la vez que da cuenta de la intensidad de uso del espacio (Marmolejo et al., 2012a).

A continuación, se procede a analizar el estado del arte que relaciona la estructura urbana policéntrica con la reducción de la movilidad laboral (*commuting*).

Capítulo IV

Estado del arte del impacto del policentrismo sobre la movilidad laboral

En esta segunda parte del estado del arte, la revisión de la literatura específica se realiza mediante el estudio de los métodos de análisis de las estructuras urbanas policéntricas desde el punto de vista funcional, cuyo objetivo es la identificación de subcentros y medición del policentrismo.

El segundo objetivo fundamental de esta investigación es averiguar hasta qué punto, los subcentros, efectivamente, reducen las distancias de los *commuting* en el contexto de los principales sistemas metropolitanos españoles.

La estructura que conforma el capítulo es la siguiente. En primer lugar, las diferentes metodologías que han sido aplicadas en la identificación de subcentros de empleo bajo métodos y funciones basados en criterios de análisis de flujos o enfoque funcional. En el segundo apartado, se hace una revisión de la literatura empírica sobre algunos indicadores que inciden en la relación existente entre la estructura urbana y la distancia recorrida por los desplazamientos laborales. Y por último, se desarrolla una breve síntesis de los conceptos desarrollados en el capítulo.

4.1. Introducción

A partir de la segunda mitad del siglo XX, el tema del policentrismo en las grandes áreas metropolitanas ha ido cobrando cada vez más importancia en la literatura que revisaba la temática sobre temas urbanos. Con el tiempo, se han ido creando y perfeccionando métodos para la delimitación e identificación de subcentros, ya que estos son considerados como piezas con una influencia funcional en su entorno, estructurando a su alrededor, flujos de personas que se desplazan para consumir servicios o trabajar en dichos núcleos (Marmolejo, 2014).

Estos métodos han evolucionado a lo largo del tiempo, desde criterios de identificación históricos, a culturales o económicos, se pasó a una delimitación teniendo en cuenta

ciertas variables como la movilidad obligada o la densidad urbana de población y de empleo.

A continuación, se van a desarrollar, en concreto, los métodos basados en la variable movilidad obligada.

4.2. Métodos de identificación de subcentros mediante criterios de análisis de Flujos

En este capítulo se presentan las diferentes metodologías que han sido aplicadas en la identificación de subcentros bajo los métodos basados en análisis de Flujos de movilidad, *“tanto la motivada por la necesidad de desplazarse hasta el lugar de trabajo, el commuting, como la motivada por la compra y/o el ocio.”*(García-López, 2010, p.6)

La segunda familia dentro de los métodos de detección de subcentros (la primera familia es la de los métodos basados en análisis de la densidad, desarrollada en el capítulo III), es de tipo funcional y trata de una serie de modelos basados en análisis de relaciones de conectividad, es decir, de la cantidad y la intensidad de los flujos de movilidad entre los miembros que conforman el fenómeno metropolitano y las relaciones de complementariedad creadas a partir de éstas.

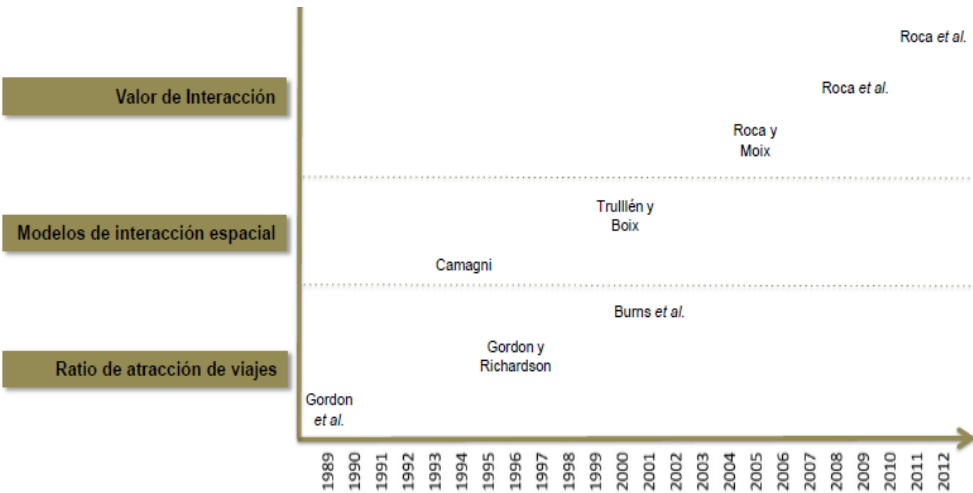
La familia de métodos de identificación de subcentros basados en criterios funcionales es mucho más pequeña, y está relacionada con la teoría de las redes de ciudades (Berry, 1964; Pred, 1977; Dematteis, 1985), contrapuesta, hasta cierto punto, a la del lugar central, en cuanto a que las relaciones jerárquicas quedan opacadas por la coexistencia de relaciones horizontales de complementariedad. Los métodos afiliados a estas metodologías, resumidos en la Tabla 7 y Figura 32, identifican como nodos aquellas zonas cuyas relaciones con el resto del territorio son capaces de darle cohesión y estructura, y para ello, se basan en análisis cuantitativos de los flujos, generalmente laborales, entre las diferentes zonas. Una de las ventajas de esta segunda familia de métodos es que los flujos parecen adaptarse mejor a los cambios en las dinámicas urbanas en relación a la densidad.

Tabla 7. Síntesis del estado del arte de los métodos basados en el análisis de Flujos

GRUPO	CRITERIO	PRINCIPALES APORTACIONES
Ratio viajes/empleo	Identificación de áreas que atraen significativamente más viajes que otras una vez controlado el número de empleos	Gordon, Richardson & Giuliano (1989); Gordon & Richardson (1996)
Modelos de interacción especial	Identificación de áreas cuyos flujos atraídos son superiores a los flujos predichos por un modelo gravitatorio que controla la masa de la zona atractiva y emisora y la distancia que las separa	Camagni (1994); Trullén & Boix (2000)
Subsistemas	Identificación de las zonas que estructuran subsistemas funcionales, entendidos por estos el conjunto de zonas unidas por altos valores de interacción (VI). (El VI es la fuerza de unión bidireccional entre dos zonas calculada a partir de los flujos entre ellas una vez controlada su masa)	Roca & Moix (2005); Roca, Marmolejo & Moix (2009); Roca, Arellano & Moix (2011)

Fuente: Marmolejo *et al.* (2015)

Figura 32. Enfoque funcional de los métodos de análisis para el estudio de estructuras urbanas policéntricas



Fuente: Ruiz (2016)

Una perspectiva funcional más innovadora, aunque menos utilizada, es la basada en el análisis de los flujos que, por muy diferentes motivos, se suscitan entre los núcleos y su *hinterland*, vinculando ámbitos funcionalmente complementarios. Marmolejo *et al.* (2012a) expresan que esta familia de métodos de detección de subcentros parte de la hipótesis de *“que un subcentro, además de ser un punto denso en el espacio, es aquel capaz de estructurar, mediante relaciones funcionales, el territorio que le rodea, con independencia de que, adicionalmente, influya sobre su función de densidad”*. (p. 2)

Por tanto, se fundamenta en una filosofía más cercana a la del funcionamiento de los sistemas urbanos en red. En este sentido cuanto más diversa, bidireccional y densa es la red de flujos, mayor es la policentricidad. La policentricidad parece más próxima al concepto de policentrismo de la Estrategia Territorial Europea (en adelante, ETE, 1999) el cual presupone que este tipo de desarrollo refuerza la economía propia de los núcleos a través de la habilitación de economías-red (Boix y Trullén, 2012), complementarias a las de aglomeración presentes en el seno de las concentraciones de actividad económica (Ruiz *et al.*, 2013). En la literatura reciente, se aplican tres métodos para la detección de subcentros por esta vía de análisis de flujos.

4.2.1. *Ratio* viajes/empleo

Usando el criterio de identificación de áreas que atraen significativamente más viajes que otras una vez controlado el número de empleos, Gordon y Richardson (1996) realizan un estudio para la detección de subcentros en Los Ángeles para el año 1980 a partir de considerar la densidad de viajes (considerando cualquier tipo de desplazamiento) atraídos. Cuanto mayor es dicha densidad, a igualdad de número de empleos, mayor es la capacidad de las concentraciones de empleo para estructurar el territorio desde una perspectiva multidimensional. De tal suerte que es posible diferenciar la importancia de los subcentros no sólo por su masa, sino sobre todo, por su capacidad de estructurar flujos multipropósito en función de la estructura sectorial de su actividad económica.

Modelos de interacción espacial

Con criterios de identificación de áreas, cuyos flujos atraídos son superiores a los predichos por un modelo gravitatorio que controla la masa de la zona de atracción y emisora y la distancia que las separa. Estos criterios funcionales para caracterizar a los subcentros fueron aplicados por varios autores en sus investigaciones, entre otros, Camagni (1994) y Trullén y Boix (2000) entienden que las relaciones de sinergia se gestan entre subcentros equipotenciales en donde los flujos de movilidad recíprocos son superiores a los que predice un modelo gravitatorio doblemente constreñido en donde las masas son los LTL y la POR, y las distancias se miden en tiempo de viaje. En este sentido, los modelos gravitatorios constreñidos en origen permiten detectar los destinos (centralidades) que atraen más flujos que los predichos.

El método de los subsistemas funcionales

Bajo los criterios de identificación de las zonas que estructuran subsistemas funcionales, entendidos por estos el conjunto de zonas unidas por altos valores de interacción (en adelante, VI). El VI es la fuerza de unión bidireccional ente dos zonas, calculada a partir de los flujos entre ellas una vez controlada su masa, utilizado por Roca y Moix (2005); Roca, Marmolejo y Moix (2009); Roca, Arellano y Moix (2011). (Este método se explicará con detalle en el capítulo V de Metodología).

Mensuración del policentrismo a escala metropolitana

Por su parte, los métodos funcionales para la mensuración del policentrismo desde una óptica funcional han sido fundamentalmente utilizados a una escala regional en donde la interacción entre los diferentes centros no es tan evidente como lo es la interacción que se suscita entre los subcentros dentro de un área metropolitana. Es de anotar que la aproximación funcional de la mensuración del policentrismo está más cercana a la hipótesis de la ETE, en el sentido de presuponer que el desarrollo policéntrico puede reforzar tanto la cohesión como la competitividad de Europa, ya que la interconexión de las ciudades como un sistema, tendría que potenciar las economías de red y especializarlas en actividades específicas complementando a las

economías de aglomeración propias de las ciudades (Davoudi, 2003; Boix y Trullén, 2012).

En Europa, en contraposición con Norteamérica, en donde el policentrismo deriva fundamentalmente de procesos de descentralización concentrada a partir de las ciudades centrales, el policentrismo europeo se deriva prioritaria, aunque no exclusivamente, de la incorporación de centros antiguamente independientes, y por tanto, el énfasis se ha puesto en la mensuración de las relaciones funcionales entre los centros incorporados a la red.

A continuación, se exponen brevemente los tres métodos desarrollados con este cometido:

- Método de distribución espacial

Este método lo aplican De Goei *et al.* (2010) para medir las relaciones bivariadas entre los centros no explicadas ni por su masa, ni por la distancia que los separa. Por tanto, han superado las limitaciones morfológicas que asumían que existía una interacción entre las partes tan sólo por el hecho de encontrarse próximas. Lambooy (1998) y Albrechts (2001) lo han comprobado empíricamente.

Como expresan Marmolejo *et al.* (2015a), “*Burger et Meijers (2012) analizaron que una distribución espacial de núcleos balanceados, por lo que a su tamaño se refiere, no implica la existencia de una pluralidad de conexiones entre ellos*”. (p. 2)

- Método de índices basados en la movilidad

Estos criterios de mensuración utilizan diversos índices de movilidad, por ejemplo, el índice de centralidad interna, el índice de interacción relativa, de dominancia, entropía de los flujos, índice de simetría, etc. Método que utilizan autores como Boix (2002); Limtanakool *et al.* (2007, 2009); Burger *et al.* (2012); Gallo y Garrido (2012) y Viñuela *et al.* (2012).

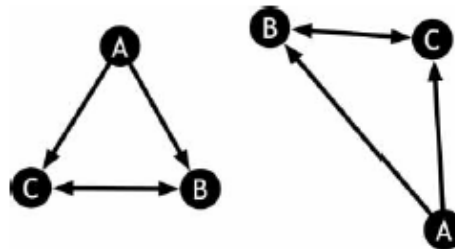
- Método de la teoría de redes sociales

Cuyo criterio es el de la mensuración de la inequidad en la distribución de flujos entre los centros, utilizada por Green (2007), “*según el cual, las regiones pueden entenderse*

conformadas por ciudades que hacen las veces de nodos en una red cuyos vértices permiten establecer relaciones de complementariedad de personas, materia, energía e información. Dicha conceptualización permite incorporar: aspectos de la topografía de la región (p.e. número de los nodos o zonas) y, el nivel de intervinculación (diversidad, bidireccionalidad y complementariedad)". (Marmolejo et al., 2015b, p.7)

En la Figura 33 se muestra la concepción de Green (*op. cit.*), por la que considera que diferentes topografías (forma en la que se localizan los nodos), pueden tener la misma topología (forma e intensidad de conexión entre ellos). Esta premisa es muy acertada cuando se aplica para comparar sistemas urbanos con condiciones territoriales distintas o de escala diferente.

Figura 33. Topología y topografía²



Fuente: Green (2007)

² En estos dos diagramas se representa la misma red de relaciones financieras de tres personas, A, B y C. Las flechas indican que deben dinero a otra persona (A debe dinero a B y a C). El peso de la flecha es la cantidad de dinero que debe (para este ejemplo se ha considerado la misma cantidad). El diagrama de la izquierda presenta una distribución de los tres puntos en forma de triángulo equilátero, esto viene a representar las topológicas que se establecen entre ellos, es decir, tan sólo se tiene en cuenta criterios matemáticos. El diagrama de la derecha, representado por un triángulo irregular, muestra la posición geográfica, topográfica, de cada persona. Hay que anotar que la red topológica, la forma y la intensidad de las conexiones, no cambian de un gráfico a otro. (Green, 2007)

4.3. Literatura empírica sobre algunos indicadores que inciden en la relación existente entre la estructura urbana y la distancia de los desplazamientos

La definición de *commuting* se extrae directamente del estudio realizado por Llano (2006) en el que dice textualmente así:

“Por commuting se entiende los desplazamientos de los habitantes de un área metropolitana desde su lugar de residencia hasta el de trabajo u ocio. La intensidad, dirección y estabilidad de los desplazamientos laborales aportan una valiosa información acerca de las fuerzas que impulsan el crecimiento de una ciudad, de la forma en la que las empresas y los hogares resuelven sus decisiones de localización, o de la predisposición de los individuos a migrar o soportar largos trayectos hasta el lugar de trabajo u ocio. En muchos modelos teóricos de economía urbana, la distancia y el tiempo de commuting son factores clave para determinar la localización óptima de las empresas y los hogares”. (p. 2)

El mundo cada vez se hace más urbano y se desplaza más profusamente, tanto interior como exteriormente. En la actualidad, más del 50% de las personas viven en ciudades; en la UE el 80% de la población vive en zonas urbanas, mientras que en España lo hace el 70%. Por esto, se requiere una nueva cultura de las ciudades y del territorio y un nuevo enfoque, entendiendo los espacios en su totalidad y complejidad (Tornés, 2015).

Actualmente, en nuestras metrópolis, los nuevos patrones de movilidad en general, y muy especialmente la laboral, vienen condicionados por un complejo proceso de reorganización territorial de las esferas productivas y reproductivas de la sociedad, estos dos procesos son la dispersión de la población y la descentralización de empleo y actividades (García Palomares y Gutiérrez Puebla, 2007), así como las mejoras de transporte y nuevas redes de flujos de relaciones periferia-periferia y centro-periferia, reduciéndose la fuerza atractiva del centro metropolitano (Clark y Kuijpers-Linde, 1994). Esta nueva reestructuración territorial afecta a las principales características de la movilidad, la distancia y el tiempo de los desplazamientos laborales. Como explican Cervero y Wu (1998) basándose en la hipótesis de la “co-localización”, la descentralización laboral, supone una proximidad entre la población y el empleo, lo que *a priori* se entendería como una reducción de las distancias y los tiempos de viaje. Sin embargo, no siempre es así, García Palomares y Gutiérrez Puebla (*op. cit.*) lo

expresan del siguiente modo, *“si bien la descentralización de las actividades afecta sobre todo a los municipios más próximos a la ciudad central, la población continúa dispersándose hacia lugares cada vez más lejanos, a donde no han llegado los efectos de la descentralización de las actividades, con lo que aumentan las distancias recorridas hasta los subcentros o hasta la ciudad central”* (p.3), y por tanto, el tiempo. Es decir, la redistribución de la población viene condicionada, en parte, por la localización del empleo, pero también es cierto que las decisiones locativas dependen cada vez menos del sitio del trabajo, existiendo otros factores que determinan su ubicación final, como son el precio y la tipología de la vivienda, el entorno urbano, la renta, la flexibilización del trabajo, los cambios demográficos, las TIC's (p.e. Teletrabajo), etc. (Champion, 2001; Flamm y Kaufmann, 2006). Todo estos factores han originado que la forma en cómo las empresas y los hogares toman sus decisiones locativas sean más complejas, produciendo un debilitamiento de la relación vivienda-empleo.

El tiempo tiene un especial interés, ya que es nuestro bien máspreciado, y por ello, la inversión que se hace del mismo en los trayectos diarios pasa a ser un tema crucial. De hecho, la variable tiempo está relacionada con la de la velocidad de los medios de transporte, así, a pesar de que las mejoras en la reducción de los tiempos de viaje es notable, este ahorro se invierte en desplazamientos más largos o en realizar un mayor número de viajes (Monzón y López, 2004). Por otro lado, la reducción del tiempo de los desplazamientos también se debe a que las redes de flujos son cada vez más complejas y difusas (Nel-lo y Muñoz, 2004), los flujos ya no sólo están direccionados al centro de la metrópolis, sino que han aumentado la cantidad de viajes entre diferentes puntos de la periferia, y del centro a la periferia, con un considerable incremento del uso del vehículo privado que, además, tal y como explican Marmolejo y Tornés (2015b), debido a sus innovaciones tecnológicas que facilitan la conducción (p.e. embragues automáticos, conducción asistida), la hacen más segura (p.e. *airbags*, etc.), la diversifican (p.e. motocicletas, biplazas, etc.) y generan productos derivados (p.e. *car sharing*, coches/buses de empresa, etc.), aunque también un aumento del transporte público, debido a la mejora en la tecnología (p.e. integración tarifaria, información sobre las redes y su funcionamiento). Esto es así que, en Estados Unidos, a finales de los años ochenta, la ciudad central pierde fuerza frente a los destinos de las periferias metropolitanas, de tal manera que los desplazamientos por motivos laborales periféricos representaban más de la mitad del total de los viajes hogar-trabajo (Lathrop y Cook, 1990). Estas nuevas dinámicas de movilidad laboral no sólo

cobran fuerza en las periferias metropolitanas frente al centro, sino que además, presentan con contundencia una nueva tipología de desplazamientos, los que se originan desde el centro de la ciudad a la periferia, desplazamientos conocidos como los *reverse commuting* (Giuliano y Gillespie, 1997). Por consiguiente, el resultado final es que el tiempo que se lleva a cabo para realizar los desplazamientos urbanos no se reduce, a pesar de las mejoras que se producen en los medios de transporte y de la diversificación de los flujos.

Como se ha dicho anteriormente en el capítulo II en donde se revisaba el marco teórico de la movilidad, de forma general, se puede certificar que las metrópolis actuales se caracterizan por un aumento de la movilidad cotidiana (mayor número de viajes por persona), una mayor complejidad y dispersión de las redes de flujos, un incremento de las distancias recorridas en los viajes y, sobre todo, y en muchos casos consecuencia de lo anterior, por un aumento constante del uso del transporte privado.

En resumen, los trabajadores están dispuestos a viajar sólo hasta el punto en el que el ahorro marginal en su vivienda no sea superior al del coste marginal de transporte, generando de esta manera el triángulo trabajo-transporte-vivienda (Marmolejo y Tornés, 2015b).

Retomando la hipótesis de la co-localización, una zona se encuentra equilibrada cuando la población ocupada puede tener un puesto de trabajo dentro del mismo municipio donde reside, es decir, cuando se produce un *balance* o equilibrio entre empleo y vivienda. De este punto se deduce, que en el caso de que un cierto número de empleados no tengan puestos de trabajo dentro de una distancia razonable, hace que se produzca un desequilibrio y con ello, forzosamente, viajes entre las diferentes zonas de la metrópolis (Cervero, 1989; Giuliano y Small, 1993). A partir de esta hipótesis es cuando surgen una serie de estudios en los Estados Unidos a finales de los años 80, en los que se analizan los desequilibrios entre el empleo y la población. A raíz de estos trabajos empíricos, se concluyeron relaciones entre la estructura de los usos del suelo (actividad económica y residencial) y la longitud de los desplazamientos laborales (Peng, 1997): el *zoning* exclusivo y los desequilibrios acentuados producían efectos significativos sobre el aumento de la movilidad laboral. Pero no basta, por tanto, con que haya un equilibrio cuantitativo en el destino de los usos del suelo para contener la movilidad; debe también haber una correspondencia cualitativa en la cual la diversidad de vivienda pueda satisfacer las diferentes demandas residenciales de

los empleados locales (Wachs y Taylor, 1993; Giuliano y Small, 1993) ya que la falta de vivienda adecuada (según los ingresos) originaría más desplazamientos.

Como explican Marmolejo y Tornés (2015b), la forma en cómo se distribuye la población y el empleo a escala metropolitana incide en los patrones y magnitud de la movilidad. Clark y Kuijpers-Linde (1994) afirman que *“el policentrismo es identificado como la forma más eficiente ya que reduce los tiempos de desplazamiento laboral, y por tanto, los costes. En dicho razonamiento la ciudad monocéntrica se torna ineficiente ya que el crecimiento urbano produce congestión en las zonas centrales”* (Marmolejo y Tornés, 2015b, p. 6). En base a esta afirmación, ¿quiere decir que las estructuras urbanas policéntricas reducen los desplazamientos laborales de los trabajadores?

Los autores Mohíno *et al.* (2014) señalan que *“la relación entre forma urbana (sistema de ciudades, densidad de población y empleo y usos del suelo) y patrones de movilidad es innegable pero a la vez compleja”* (p. 3). Y por ello, dan cuenta de la gran cantidad de estudios que han sido publicados acerca de las relaciones funcionales de un territorio a través de la movilidad, centrándose principalmente en la movilidad obligada.

Sánchez Trujillo (2014) establece una serie de indicadores de movilidad a la hora de estructurar el estado del arte de la relación entre la estructura urbana y la movilidad laboral que se presenta a continuación.

4.3.1. *Job- Housing balance*

En la literatura que analiza la relación existente entre la estructura urbana y los patrones de movilidad, se han propuesto una gran cantidad de indicadores para analizar, por un lado, la distribución del empleo, y por otro, los desplazamientos mínimos (teóricos) y máximos (reales) recorridos por la población, con el fin de estudiar si existe una relación con el exceso de movilidad laboral (en sentido de cantidad de números de viajes y distancias o tiempo de los recorridos). De entre todos los indicadores que se han ido planteando, el balance de *job-housing* es uno de los más utilizados en los estudios empíricos, ya que representa el equilibrio entre las dos

esferas, la laboral y la residencial, es decir, a mayor equilibrio entre los puestos de trabajo y vivienda, menor flujo de desplazamientos y menor distancia de los viajes.

Los autores Giuliano y Small (1993) realizaron unos estudios de los que extrajeron como resultado que valores altos del indicador de *job-housing balance* tenían un impacto positivo en los patrones de movilidad laboral, que se veía reflejado en una menor cantidad de *commuting*. Sin embargo, expresaron que no ejercía mucha influencia en las distancias de los desplazamientos. En contraposición con esta línea de conclusiones, otro grupo de autores (Frank y Pivo, 1994; Banister et al, 1997; Stead, 1999), sí encontraron que en situaciones de distribución espacial laboral y residencial equilibrada, las distancias de los *commuting* se veían reducidas.

Otros estudios se han centrado en analizar el exceso de movilidad laboral mediante el indicador de *job-housing balance* para diferentes estructuras urbanas. En concreto, Guth (2005) ha estudiado diferentes ciudades alemanas, concluyendo que en las metrópolis policéntricas, los desplazamientos eran más eficientes que en las ciudades monocéntricas, debido a su mayor equilibrio entre la distribución espacial del empleo y la población.

4.3.2. Ubicación del empleo/residencia respecto del CBD

En este punto existen dos diferenciaciones en lo que se refiere a los flujos de movilidad. Por un lado, las personas que viven en el CBD, y por otro, las personas que residen fuera y trabajan en el CBD.

El primer grupo de trabajos se centran en estudiar las distancias de los viajes de las personas que viven en el CBD. Bajo este enfoque se encuentran los trabajos de (Stead, 1999; Buchanan *et al.* 2006; Naess, 2007; Sultana y Weber, 2007) que arrojan como conclusiones que las personas ocupadas que residen dentro del CBD realizan trayectos para ir al trabajo más cortos.

Las investigaciones relacionadas con los análisis de las distancias de las personas que van a trabajar al CBD, pero que viven fuera, tienen a su vez dos vertientes. Están los que afirman en sus estudios que las distancias de los *commuting* son menores (Sultana 2000; Naess, 2007; Sultana y Weber, 2007), y los que no encuentran ninguna relación clara (Naess y Sandberg, 1996). Cabe anotar que si se analiza el tiempo en

vez de la distancia, los resultados pueden llegar a ser incluso contradictorios. Un ejemplo de ello es la investigación llevada a cabo por la autora Sultana (2000), en la que analizó los tiempos de desplazamiento de los viajes que realizan los trabajadores hacia el centro urbano de Atlanta y hacia los núcleos de empleo más dispersos. Concluyendo que cuanto más grande es el núcleo, mayor es el tiempo de viaje; cabe destacar que la ciudad de Atlanta es una de las ciudades con más altos niveles de congestión. Por tanto, la menor duración de los viajes hacia los subcentros puede enmascarar recorridos más veloces pero más largos, y además, en automóvil, lo que disminuye también el tiempo de desplazamiento, como ya fue estudiado en San Francisco por Cervero y Wu (1997).

4.3.3. Ubicación del empleo en los subcentros

Los patrones de movilidad de los trabajadores que tienen su lugar de trabajo ubicado fuera del CBD y localizado en los subcentros, descentralización laboral, según la hipótesis de la co-localización, serían más eficientes, en el sentido de que las distancias y tiempos de los *commuting* serían menores. En contraposición con esta línea de investigación, se encuentran autores que afirman que la distribución descentralizada del empleo en subcentros genera trayectos más largos (Cervero, 1988; Frost *et al.*, 1998; Dielman *et al.*, 2002; Parolin, 2004; Ma y Banister, 2008). En concreto, el estudio realizado por Cervero y Wu (1998), arroja resultados en los que la descentralización concentrada del empleo en subcentros, y la dispersión de la población en San Francisco, no estaba asociada con una reducción en la distancia recorrida por los trabajadores, ya que el cambio de la estructura espacial del empleo podría quedar opacado por el cambio en la estructura espacial de la población ocupada. En contraposición con este último estudio, se encuentran los resultados obtenidos por Aguilera (2005) para las tres principales ciudades francesas, París, Lyon y Marsella para el periodo 1990-2000. Según su análisis, la existencia de subcentros ofrece la posibilidad a los trabajadores que residen en zonas periféricas de tener flujos pendulares residencia- trabajo más cortos.

Sin embargo, otros estudios como los de Titheridge y Hall (2006), no encuentran evidencia entre la ubicación del empleo en los subcentros y la longitud de los desplazamientos.

Existen otras investigaciones que ponen de manifiesto los efectos de los diferentes tipos de subcentros sobre los patrones de movilidad. De este modo, retomando a Aguilera (2005), analiza para las ciudades francesas las diferencias en las distancias de los desplazamientos de los trabajadores que tienen su empleo en subcentros maduros o emergentes. Así, concluye con la idea de que la naturaleza del subcentro, influye considerablemente en la longitud de los trayectos, ya que determina la capacidad de atracción de los trabajadores según sus perfiles. De este modo, habrá subcentros más lejanos que atraigan a perfiles laborales determinados por los que sus recorridos serán más largos.

El impacto de la descentralización del empleo en la distancia de viaje no está claro. Depende de la naturaleza de los puestos de trabajo y de los trabajadores situados en zonas periféricas.

4.3.4. Densidad laboral/residencial elevada reduce las distancias de viaje

Respecto a esta hipótesis, muchos estudios concluyen con que efectivamente los lugares con altas densidad es de uso del suelo reducen los tiempos y/o distancias de los trayectos laborales (Levinson y Kumar, 1997; Stead, 1999). Siguiendo esta línea de estudio, se encuentran Banister (1996) y Holden y Norland (2005), que analizando las longitudes de los trayectos de los trabajadores, observaron que las zonas menos densas no tienen un buen sistema de transporte público, ni una gran oferta laboral, por lo que las distancias de los *commuting*, son mayores. En otro sentido, Frank y Pivo (1994) analizaron la densidad de los destinos, encontrando que la congestión, las distancias de desplazamiento y las velocidades producían unos patrones de movilidad menos eficiente.

Un elevado nivel de densidad puede reducir la distancia de viaje, ya que está indirecta o directamente asociado a una amplia gama de oportunidades de trabajo.

4.3.5. La infraestructura de las ciudades

Normalmente, la relación que existe entre la longitud de los desplazamientos y la proximidad a las redes de transporte, sugiere, en un primer lugar, trayectos más cortos, sin embargo, Stead y Marshall (2001), observaron que es justo esta facilidad de acceso a las infraestructuras, lo que origina trayectos más largos, puesto que la velocidad se ve incrementada. De este modo, se recorren trayectos más largos en el mismo periodo de tiempo.

4.3.6. Variables socio-demográficas sobre los patrones de la movilidad

Actualmente, las estructuras y características de los hogares y de la población están cambiando, de hecho, estas variables inciden directamente sobre los comportamientos de los desplazamientos laborales (Handy, 1996; Dielman et al, 2002; Schwanen, 2004; Van de Coevering y Schwanen, 2006). Algunas investigaciones realizadas (García-Palomares, 2008) aseguran que cuanto más cualificados y mayores salarios reciben los trabajadores, su movilidad también aumenta, es decir, los flujos laborales son más numerosos y más largos, ya que estos tienden a ampliar la zona de búsqueda de un puesto de trabajo en zonas más lejanas a su lugar de residencia. Otro enfoque es el que observa Sadow (2008) en una parte poco poblada del norte de Suecia, afirmando que la movilidad según el género también se ve modificada en igualdad de condiciones educativas, económicas, ocupacionales, sociales, por edad, etc. Sin embargo, los estudios de Casado (2000) para la Comunidad Valenciana en el año 1991, concluyen que estas diferencias en flujos pendulares llevados a cabo por trabajadores de diferente sexo, van disminuyendo según aumenta el nivel educativo. Incluso los estudios empíricos de Antipova *et al.* (2001), aportan resultados totalmente opuestos, ya que sus resultados muestran que ni el nivel de estudios o de ingresos influye en la movilidad de los trabajadores según el género. Es más, estudios como el de los autores Dielman *et al.* (2002) muestran que las características socio-demográficas (género, número de hijos, nivel de estudios, sector laboral, ingresos, raza, etc.) tienen el mismo efecto que la distribución espacial del empleo o de la población sobre los patrones de movilidad.

4.3.7. El comportamiento de personas afecta al comportamiento de la movilidad laboral

El comportamiento o behaviorismo es un factor decisivo a la hora de establecer las preferencias personales y, por lo tanto, es una importante variable a tener en cuenta para analizar tanto la forma urbana, pero sobre todo, los patrones de movilidad laboral (Mokhtarian y Cao, 2008). Tal y como dice Naess (2007), el factor que más afecta al modo en que se desarrollan los flujos laborales en las configuraciones urbanas son las actitudes de comportamiento personales.

4.3.8. Transporte privado/público

Aguilera y Mignot (2004) analizaron para algunas ciudades de Francia en el periodo 1990-1999 la utilización del automóvil en los desplazamientos pendulares residencia-trabajo y concluyeron que en los subcentros que están más próximos al centro urbano, la utilización del transporte privado era menor debido a la presencia de un sistema de transporte público, a diferencia de los subcentros más alejados, en donde el abastecimiento de una red de infraestructura pública era escasa o inexistente. En concreto, Mignot *et al.* (2010), afirman que aunque el automóvil particular es el medio de transporte dominante, no existe una estructura espacial (monocéntrica o policéntrica) que por sí misma garantice una reducción de la distancia de los *commuting*. Es decir, aseguran que *“la ruptura con la ciudad expandida o desparramada no es suficiente para garantizar un modelo de ciudad más sostenible”* sino más bien que *“todo depende del tipo de policentrismo, del tamaño de la ciudad y de la oferta de transporte público entre las polaridades analizadas”*. (p. 6)

Schwanen *et al.* (2001) argumentan en su investigación en los Países Bajos que el modelo policéntrico fomenta el uso del transporte privado, ya que la red del sistema de transporte público básicamente está proyectada para los viajes radiales.

4.3.9. Variables medioambientales

Una última línea de investigación es la que analiza un tema relevante, la movilidad laboral en estructuras policéntricas y su impacto en el medio ambiente. De este modo, autores como Hoyler *et al.* (2008) explican que los costes de los desplazamientos serán superiores en el futuro, debido a dos motivos principalmente, por un lado, por el aumento del coste de la energía, y por otro, por el aumento de las tasas, ya que será imprescindible el control de la emisión de gases a la atmósfera.

En estas investigaciones se vuelven a contraponer resultados, ya que por un lado, el modelo de ciudad monocéntrica parece incrementar la eficiencia en el transporte, sobre todo el transporte público, reduciendo los desplazamientos por motivos laborales y la red de flujos es menos compleja que la de una estructura policéntrica (Clark y Kuijpers-Linde, 1994; Cervero and Wu, 1998; Bertaud, 2002 y Schwanen *et al.*, 2001). Sin embargo, por otro lado, el modelo monocéntrico presenta unos mayores niveles de polución, de congestión, de tiempos en los desplazamientos, lo que reduce en definitiva, la eficiencia ambiental del mismo. En este grupo de estudios contrapuestos a la eficiencia del modelo monocéntrico se ubican los ya citados autores Gordon y Wong (1985); Gordon *et al.* (1989) y Crane y Chatman (2003). Veneri (2010) realiza un estudio en 82 áreas metropolitanas italianas y encuentra que las estructuras en las que la población y la actividad económica se concentran en subcentros, es decir, el modelo policéntrico, reduce las emisiones de gases contaminantes, y por ende, es más sostenible. También añade que el tiempo medio de los *commuting* es semejante al de otros sistemas metropolitanos.

En conclusión, los autores Marmolejo y Tornés (2015b) argumentan que las contradicciones que se han encontrado en los diferentes grupos de investigaciones pueden deberse principalmente a dos motivos:

El primero, la gran simplificación con la que se ha estudiado tanto el empleo como la vivienda. Puesto que es evidente que existe una gran divergencia entre las cualificaciones de la oferta y la demanda de trabajadores, como en la oferta y demanda de viviendas. Por tanto, el mercado laboral y el residencial, sólo entrarán en interacción si las personas pertenecen al mismo nicho laboral y tienen las mismas necesidades/capacidades residenciales. En ese sentido Van der Laan (1998) y

Schwanen *et al.* (2001) concluyen con que el policentrismo sólo reduce los desplazamientos, si el mercado de trabajo suburbano (estructurado por los subcentros) es independiente del mercado de trabajo central; de lo contrario, se producen recorridos largos entrecruzados.

El segundo, el hecho que no se haga una diferenciación entre los subcentros: por una parte, aquellos maduros que provienen de la integración de centros antiguamente independientes con una mayor diversificación de su base económica, fijación de su población y con más servicios; y por otra parte, aquéllos emergentes que provienen de desarrollos recientes de nueva planta, producidos por crecimiento por descentralización, ubicados en zonas que difícilmente pueden proveer trabajadores suficientemente cualificados, y que por ende, impiden la vinculación local entre la población ocupada y los empleos localizados.

4.4. Estado del arte del impacto del policentrismo sobre el consumo de suelo y la movilidad

Existe una intensa relación entre la organización espacial de la movilidad y la disposición de los usos del suelo en el territorio. En este capítulo se han abordado la relación de los dos enfoques del policentrismo con la disposición de los usos del suelo en el territorio. Primero, se ha analizado el policentrismo morfológico con la densidad urbana, y segundo, el policentrismo funcional con los flujos de movilidad laboral.

A continuación, se exponen una serie de trabajos empíricos existentes que hacen referencia a la vinculación entre las dos dimensiones del policentrismo, la morfológica y la funcional (Sánchez Trujillo, 2013). Ruiz *et al.* (2013) explican que integrar ambos quehaceres permitiría concluir por ejemplo, que la coincidencia entre un policentrismo morfológico y otro funcional sería sintomática de la presencia de lugares que no sólo son densos, sino también que estructuran el territorio.

El primer estudio que analiza la conexión existente entre ambos tipos de policentrismo es el de Song (1994), en donde confirma la relación entre el impacto del policentrismo sobre las variables de densidad de población y distancia de *commuting*.

Posteriormente, los investigadores Burger y Meijers (2012) elaboran para una serie de ciudades de Holanda la relación entre el policentrismo morfológico y funcional

mediante el análisis del grado de atracción y expulsión de flujos de *commuting* y de shopping de los municipios holandeses. Para ver el grado de policentrismo, miden por un lado, la importancia absoluta del centro con el tamaño de los flujos atraídos al interior del centro y del resto (rango-tamaño de la nodalidad) para ver la dimensión morfológica del policentrismo, y por otro lado, para analizar el enfoque funcional del policentrismo, observan los flujos netos atraídos por el nodo (rango-tamaño de la centralidad). De este modo, se genera una pendiente, que cuanto más suave sea, mayor índice de policentricidad existirá en esas metrópolis.

Muñiz y García López (2012) desarrollan un trabajo para el área metropolitana de Barcelona en donde examinan el impacto del policentrismo sobre la densidad de población y la distancia de los desplazamientos laborales. Como comenta Sánchez Trujillo (2013), dichos autores concluyen con que los resultados “*permiten contrastar la capacidad de la estructura de organizar el entorno no sólo en términos formales, sino también la pauta de movilidad que aparece en la zona, ... arrojando evidencia de la alta correlación entre las dimensiones del policentrismo*”. (p. 24)

En último lugar dentro de la literatura pertinente, se encuentra el estudio de Veneri (2010) para las metrópolis de Roma y Milán. En esta investigación, utiliza como sistema de detección de subcentros de empleo morfológico, el método de los umbrales, y como método funcional, propone una metodología de detección de subcentros mediante interacciones entre nodos según los flujos de *commuting*. Veneri (*op. cit.*) concluye con que los resultados entre un enfoque y otro arrojan datos muy diferentes.

A modo de conclusión, cabe citar tal y como lo expresa Sánchez Trujillo (*op. cit.*) que “*las dimensiones morfológica y funcional del policentrismo tradicionalmente se han analizado por separado, sin embargo, se ha demostrado que ambas son relevantes y complementarias y no necesariamente simétricas*”. (p. 25)

4.5. Síntesis del capítulo

Tal y como apuntan Marmolejo *et al.* (2016),

“*En cualquier caso, cabe insistir en que ya sea que se vaya por la vía morfológica, como por la funcional, el elemento de análisis es, en el fondo, el mismo.*

Ya que la densidad no es más que la suma de flujos que llegan a un sitio determinado, si bien queda normalizada por el suelo que ocupan. Estructura y función urbana son dos caras de una misma moneda que no es otra que el comportamiento de la población en el espacio y el tiempo". (p. 4)

En este capítulo se han analizado; primero, los métodos que analizan las estructuras urbanas policéntricas, para identificar subcentros por criterios de análisis de flujos; segundo, la mensuración del policentrismo desde un punto de vista funcional, en concreto, la componente de la policentricidad del policentrismo (este concepto se verá desarrollado en los capítulos V y VI de Metodología y Discusión de los Resultados); tercero, se ha realizado una revisión de las investigaciones empíricas sobre la relación entre las estructuras urbanas policéntricas y la eficiencia de la urbanización, en este caso específico, la movilidad laboral (*commuting*); y por último, se ha realizado un breve repaso por la literatura empírica que relaciona el impacto del policentrismo con el consumo de suelo y la movilidad laboral al mismo tiempo.

Como se ha explicado a lo largo de este capítulo, el grupo de métodos que identifican los subcentros mediante la familia de análisis de los flujos, es el más innovador, a pesar de que ha sido el menos utilizado hasta el momento. Sin embargo, la perspectiva funcional en esta tesis doctoral es considerada como la más adecuada debido a que un subcentro, no solamente es un lugar denso laboral y demográficamente hablando, sino que posee ciertas características de estructuración e influencia sobre su entorno mediante una serie de relaciones funcionales. De aquí que el método utilizado para la detección e identificación de centros y subcentros haya sido el funcional, en concreto, el Valor de Interacción (Roca et al., 2005; Roca *et al.*, 2009; Roca *et al.*, 2011).

Seguidamente, se da paso a la parte empírica de esta tesis empezando con el capítulo V referente a la metodología usada para elaborar los análisis que se han realizado para dar respuesta a las hipótesis de partida.

Hipótesis de la investigación

La hipótesis principal de esta investigación ha sido planteada en la parte introductoria de esta tesis, en el apartado de la Introducción. No obstante, tras desarrollar la parte teórica que permite contextualizar los análisis que se presentan a continuación, se vuelven a recordar las hipótesis que se pretenden verificar a través de la metodología (capítulo V) y cuyos objetivos principales se mostrarán en la discusión de los resultados (capítulo VI).

Así, de acuerdo a todo lo antes argumentado, en esta investigación se trata de demostrar las siguientes hipótesis:

1) Los sistemas policéntricos son potencialmente sostenibles, desde una perspectiva ambiental, al generar territorios más compactos reduciendo el consumo del suelo.

Por tanto, como se ha comentado antes, el objetivo que plantea esta hipótesis, es evidenciar si la reducción del consumo del suelo más allá de los centros se verifica. En definitiva, se trata de comprobar de qué manera la estructura urbana influye sobre consumo de suelo, y para ello, conjuntamente se analizarán las variables de control relacionadas con tres ámbitos, el territorial, el económico y el estructural.

2) En segundo lugar, se espera que una estructura urbana policéntrica ofreciese más oportunidades de trabajo a lo largo del territorio, lo cual incidiría en la movilidad laboral, de tal manera, que cuanto más importante fuese la concentración-descentralizada urbana (policentrismo), menor lo sería la distancia recorrida desde la residencia al trabajo.

Dicha hipótesis plantea que el empleo se localiza en los subcentros periféricos y en el CBD, lo que origina que los *commuting* sean más reducidos, debido a que la población también reside, hipotéticamente, en los subcentros o en sus inmediaciones.

La segunda hipótesis, a su vez se ramifica en dos especificaciones:

2.a) En lo particular, si los subcentros del sistema se encuentran balanceados, es decir, tienen un equilibrio entre población y actividad económica (job-housing balance), la movilidad de las personas se verá reducida. (Figura 34)

Figura 34. Esquema de especialización empleo y vivienda



Fuente: Elaboración propia

Como ya se ha hablado anteriormente, se parte de la idea de que la estructura urbana policéntrica reduce los patrones de los desplazamientos laborales, y en concreto, se considera que cuando los subcentros se encuentran equilibrados, es decir, cuando la población ocupada pueda optar por un empleo dentro del mismo, o cerca, la movilidad se verá reducida aún más. De este modo, cuando los núcleos no están equilibrados, es decir, el número de personas trabajadoras no puede residir en el mismo subcentro, o cerca del mismo, porque no encuentra un lugar de trabajo especializado para él, éstas personas se ven obligadas a realizar viajes más largos para encontrar un empleo acorde con su perfil laboral (Cervero, 1989; Giuliano y Small, 1993).

2.b) Si además, son diversos, en cuanto a tipo de vivienda y empleo, entonces la movilidad se verá reducida aún más, debido a la posibilidad de encontrar por parte de la población activa una vivienda y/o empleo que se adapten a su perfil socioprofesional. (Figura 35)

Figura 35. Esquema de diversidad de vivienda y empleo



Fuente: Elaboración propia

Hipótesis de la investigación

Además, no sólo los subcentros equilibrados acortan los desplazamientos laborales, sino que si estos son diversos, en cuanto a oferta de vivienda y actividad económica, los patrones de viajes se acortan aún más, ya que ante esta situación, es más fácil abastecer a todos los perfiles de la población ocupada con una vivienda y un empleo que se ajuste a sus necesidades.

A continuación, se desarrolla la parte empírica de esta investigación comenzando con el capítulo V de la metodología.

PARTE EMPÍRICA

Capítulo V

Metodología

A lo largo del presente documento, se ha podido observar que la investigación tiene dos vertientes bien diferenciadas, por un lado la relación existente entre la estructura urbana policéntrica y el consumo de suelo, y por otro lado, la relación que existe entre la estructura urbana policéntrica y la movilidad laboral. Es por ello que la metodología utilizada se estructura en cuatro grandes bloques.

La estructura del presente capítulo es la siguiente; en primer lugar, se presentan las fuentes que se han utilizado. En el segundo apartado, se abordan los métodos específicos para el estudio de la delimitación de la estructura urbana e identificación de subcentros. El tercer apartado, expone los componentes necesarios para llevar a cabo la caracterización del policentrismo, polinucleación y policentricidad. En el cuarto apartado, se exponen los métodos para la caracterización del consumo de suelo y las variables con las que se interrelaciona indicadores, al igual que ocurre con el quinto apartado, pero éste en referencia a la movilidad laboral. Finalmente, el sexto apartado, muestra unas breves conclusiones.

Con el fin de mostrar una visión global de lo que se desarrollará en este capítulo, se sintetiza la metodología que se ha llevado a cabo en cada uno de los principales apartados.

La caracterización de la estructura urbana

En el primer apartado, a través de la utilización de la metodología del valor de interacción (Roca et al., 2005; Roca et al., 2009; Roca et al., 2011), se determinarán los límites de los sistemas metropolitanos en primer lugar, para seguidamente, mediante el mismo método, pasar a la detección e identificación de centro y subcentros.

La caracterización del policentrismo

En el segundo apartado, se analiza el concepto de policentrismo de modo empírico mediante la construcción de dos indicadores. El primero, corresponde a la parte

morfológica, el indicador de polinucleación, que se obtiene mediante el coeficiente de entropía de Shannon. El segundo indicador, analiza la componente funcional, el de policentricidad, que se construye mediante el índice de Green (2007). Ambos indicadores se analizan bajo un análisis factorial para finalmente obtener el indicador de policentrismo.

Caracterización del consumo de suelo

En el tercer apartado, se construye una batería de indicadores de diferentes ámbitos, el económico, el territorial, el urbano, que junto con el indicador de densidad de uso del suelo (la inversa del consumo de suelo per cápita), se genera un modelo de regresión simple en donde la variable a explicar es la densidad de uso del suelo, comprobando finalmente la relación entre ésta y el policentrismo, entre otros factores.

Caracterización de la movilidad laboral

Finalmente, en el último apartado, se utiliza la misma metodología que en el caso anterior. Mediante la construcción de una serie de indicadores de control, urbanos y territoriales que tienen incidencia sobre la movilidad laboral, se realiza un modelo de regresión, mediante el cual se comprueba la relación entre estas variables y el índice de exceso de movilidad laboral que se calcula utilizando el indicador de White (1988). Además, en este apartado, se realiza una comparativa, primero, entre las distancias recorridas por los trabajadores residentes en los diferentes tipos de territorio (subcentros, centro o resto del área metropolitana), y segundo, entre las distancias recorridas por hombres y por mujeres trabajadores.

5.1. Fuentes de información

A continuación, se presentan en detalle las fuentes de información consultadas para alcanzar los objetivos de la investigación.

La unidad de análisis es a nivel de municipio, ya que es la desagregación territorial a la que se determinan las características de la población y de las viviendas del Censo de Población y Vivienda del año 2001 del Instituto Nacional de España (en adelante, INE).

La única fuente estadística que permite una desagregación de los datos sobre viaje al trabajo hasta alcanzar el nivel local en España es el Censo de Población y Vivienda. En el censo de 1991, se produjo una gran novedad, la explotación exhaustiva del total de los cuestionarios (no de muestras como se venía haciendo hasta entonces), lo que ha permitido la obtención de datos municipales muy fiables incluso para poblaciones de tamaño muy reducido.

En términos demográficos y de movilidad, los datos se extraen del Censo de Población y Vivienda del año 2001. Hay que aclarar que esta tesis se elabora con el Censo del 2001 ya que es el último año en que hay un censo en sentido estricto en el cual observar los flujos de movilidad laboral. El último Censo del 2011, al estar basado en una encuesta, no garantiza una cobertura suficiente en los ámbitos menos poblados como los que caracterizan a las periferias metropolitanas. Con los datos extraídos, se construye la matriz de movilidad laboral (*commuting*) y se extraen los datos del número de viviendas, así como su destino (principal, secundario, etc.), antigüedad y superficie, la población total, la población ocupada residente y sus características como tipo de ocupación, sector en el que trabaja, etc.

En términos ocupacionales y sectoriales de empleo, partiendo de las fuentes de la Clasificación Nacional de la Actividad Económica de 1993 (en adelante, CNAE-93) y la Clasificación Nacional de Ocupaciones de 1994 (en adelante, CNO-94), respectivamente, se obtienen las características de cualificación ocupacional y sectorial del empleo.

En términos de datos relacionados con el consumo y uso del suelo, los datos de la superficie de suelo artificializado se extraen del Corine Land Cover 2000 (en adelante, CLC), cuyos códigos específicos y categorías se pueden ver en la Tabla 8. La superficie de autopistas y ferrovías, no se ha considerado para no sesgar la densidad de los municipios con poca superficie artificializada por los cuales atraviesan autopistas que en muchos casos ni siquiera tienen salida a dichas poblaciones:

Tabla 8. Categorías de suelo y códigos CLC 2000

CATEGORÍAS SUELO	CÓDIGOS CLC 2000
Tejido urbano continuo	11100
Al abierto	11210
Al extenso	11220
A las áreas industriales	12110
A las comerciales y de servicio	12120
Las portuarias	12300-12400
Las áreas verdes	14100
Campos de golf	14210
Otras instalaciones deportivas	14220

Fuente: Tornés y Marmolejo (2012)

El procesamiento de la información cartográfica se ha realizado con los programas de la familia ArcGIS, el software de SIG de la empresa ESRI.

En términos de infraestructuras, los datos se han obtenido a partir de la red viaria de Tele Atlas del año 2001 y la red de estaciones y apeaderos de RENFE y otras operadoras regionales de servicios ferroviarios supramunicipales, de las cuales se extraen las vías de alta capacidad/velocidad, su categorización, sus accesos e intercambiadores, y se completa con información sobre peajes (distinguiendo entre las vías que se pagan, de las gratuitas para el usuario, por los efectos diferenciales que pudiesen producirse).

Asimismo, sobre la base de dicha cartografía, se calculan, con el concurso del SIG TransCAD, las distancias viarias entre municipios para construir la matriz de distancia óptima entre municipios.

Se ha trabajado con un modelo digital del terreno (en adelante, MDT) obtenido del Instituto Geográfico Nacional (IGN), con una resolución de 1 pixel = 80 x 80 metros, que ha permitido conocer la naturaleza orográfica sobre la que se asientan las ciudades estudiadas y construir indicadores topográficos tales como pendientes, situación en relación a la costa, etc.

5.2. Métodos para la caracterización de la estructura urbana

En este apartado, los objetivos son, en primer lugar, delimitar los contornos de las estructuras metropolitanas, y en segundo lugar, identificar la composición interior de estos subsistemas urbanos (entendiendo este último objetivo, como el nivel de polinucleación, es decir, establecer el número de subcentros, la concentración de población/empleo y la distribución espacial de los mismos).

5.2.1. Determinación de los límites de los sistemas metropolitanos

Antes de desarrollar la parte metodológica en lo que refiere a la delimitación de los límites metropolitanos, se expone un breve resumen de los diferentes métodos de delimitación de sistemas metropolitanos descritos en la literatura, que se basan por lo general en datos estadísticos disponibles (más o menos desagregados). La característica común a todos ellos es que *“se comienza seleccionando los núcleos centrales urbanos que cumplan requisitos estándar de espacio urbano y se les añaden las áreas colindantes que mantienen relación con el núcleo central”* (Miramontes Carballada y Vieira, 2016, p. 52). Pudiéndose distinguir tres grandes grupos de variables que han servido como referencia para delimitar las áreas metropolitanas:

- Estadísticas: población, densidad, importancia económica del sector primario, niveles de renta, etc.
- Morfológicas: densidad de población, volumen de edificación, disponibilidad de infraestructuras, continuidad de las áreas urbanizadas, etc.
- Funcionales: desplazamientos cotidianos al trabajo, al comercio, etc.

Como exponen Roca *et al.* 2012, *“en la literatura especializada se han planteado distintas aproximaciones para la delimitación de los sistemas urbanos y metropolitanos. Aspectos administrativos (las unidades administrativas históricamente heredadas), morfológicos (el continuo urbano), vinculados a la existencia de economías de aglomeración (densidades de población y empleo, actividades económicas urbanas...), o a la interacción funcional (commuting residencia-trabajo) han sido utilizadas para la definición del hecho metropolitano”*. (p.1)

Tabla 9. Análisis de metodologías de delimitación de áreas metropolitanas

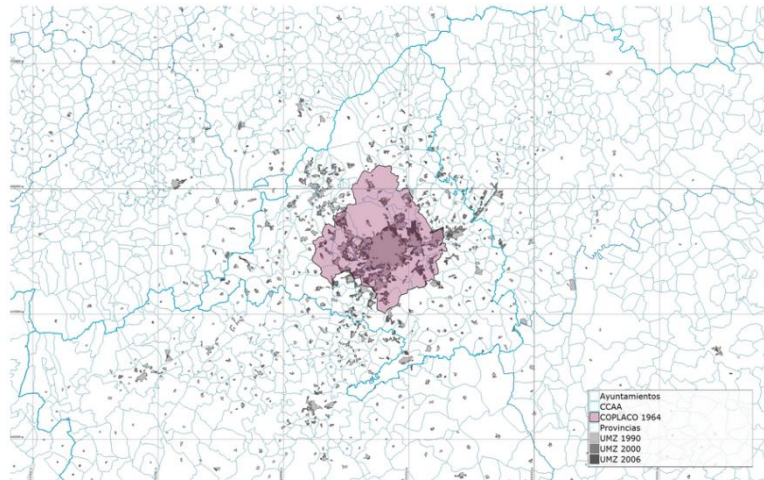
FECHA	AUTOR	FUENTE DE DATOS	VARIABLES DE ESTUDIO	PRINCIPALES APORTACIONES	TIPO DE METODOLOGÍA
1964	COPLACO. Comisión de Planeamiento y Coordinación del Área Metropolitana de Madrid.		Partida: Población Incorporación: Población y Relación económica		Estadística [población]
2006	Jose María Serrano. Universidad de Murcia	Censo 2001	Partida: Delimitación administrativa y Población. Incorporación: Distancia al núcleo principal y población.	Serrano (2006)	Estadística [población] y Morfológica
2010	Ministerio de Fomento	Padrón municipal de habitantes 2010, Censo 2001 y Nomenclátor de población 2010	Partida: Población Incorporación: Estadísticas de población, de vivienda, usos del suelo, redes de transporte. Población ligada al sector servicios		Estadística [población] y Morfológica
2010	Julia Salom Carrasco y Juan Miguel Albertos Puebla. Universitat de València	Base de datos Multinet Spain de Teleatlas (GIS). 2007 CORINE 2000.	Partida: Densidad de redes y nodos en las infraestructuras de carreteras. Corrección: Espacio urbano construido	Salom y Albertos (2010)	Morfológica
2007	Barómetro de Economía de la Ciudad de Madrid. Ayuntamiento de Madrid	Censo 2001, Cartografía de la Comunidad de Madrid.	Partida: Madrid Incorporación: Síntesis de: densidad de población, porcentaje de afiliados la Seguridad Social, Porcentaje de superficie urbanizada, distancia por carretera a la ciudad de Madrid y accesibilidad en transporte público. Corrección: distancia y población. Continuidad territorial.		Síntesis de Criterios Estadísticos [económicos y demográficos], Morfológicos y Funcionales
2008	José M ^º Fera Toribio Universidad Pablo de Olavide (Sevilla)	Censo 2001	Partida: Población Incorporación: variable residencia-trabajo. Corrección: Población y coherencia espacial.	Fera (2000); Fera (2004); Fera (2008)	Funcional
2011	Áreas Urbanas de España. Proyecto AUDES	INE [Censo 2001, Nomenclátor oficial], Centro Nacional de Información Geográfica [Límites municipales], CORINE [ocupación del suelo]	Partida: Grado de urbanización y población. Incorporación: población y relación funcional (traslados diarios generados por trabajo o estudio)	Ruiz González (2011)	Funcional
2007	Rafael Boix Domènech	Censo 2001	Partida: Población y relación funcional trabajo/residencia [50.000 hab + 15% autocontención]	Boix (2007)	Iterativo de agregación municipal. Por Criterios Funcionales
2007	Josep Roca Cladera. UPC	Pregunta sobre lugar de trabajo del Censo 2001.	Partida: Población Incorporación: Relación funcional. Residencia/trabajo [autocontención 15%, 4 iteraciones]	Roca y Moix (2005)	Iterativo de agregación municipal. Por Criterios Funcionales
2011	Josep Roca Cladera. UPC	Pregunta sobre lugar de trabajo del Censo 2001.	Partida: Población Incorporación: Relación funcional. Residencia/trabajo [autocontención 50%, cálculo matemático de valor de interacción 1 por mil]	Roca y Moix (2005); Roca, Marmolejo y Moix (2009); Roca, Arellano y Moix (2011)	Iterativo de agregación municipal. Por Criterios Funcionales y Matemáticos
2011	Instituto Klein UAM. (Estudios y Análisis Económico de "la Caixa")	INE, Ministerio de Fomento, Distribución Actualidad, Anuario de la Distribución	Incorporación: Superficie de venta y distancia recorrida o tiempo empleado.	La Caixa (2011)	Modelo Matemático (de gravitación comercial)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Fernández Ramírez *et al.* (2012)

En la Tabla 9, se muestra un análisis de algunos métodos que se han desarrollado para la delimitación de áreas metropolitanas.

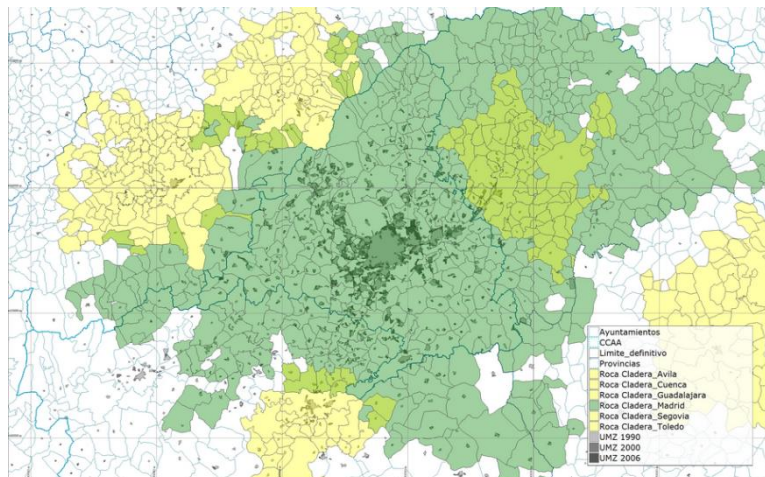
Para visualizar gráficamente las diferencias entre las distintas metodologías, a continuación se muestran dos ejemplos de ellas:

Figura 36. Área metropolitana de Madrid. COPLACO (1964)



Fuente: Fernández Ramírez *et al.* (2012)

Figura 37. Metodología de delimitación de la UPC. Roca (2007)



Fuente: Fernández Ramírez *et al.* (2012)

Como se pueden apreciar en ambas Figuras 36 y 37, el resultado de aplicar un método y una variable en concreto, hace que las delimitaciones de las áreas urbanas sean bien distintas, sobre todo cuando se refiere a sistemas metropolitanos complejos y extensos como es el caso de la metrópolis de Madrid.

Sin embargo, esta divergencia en los resultados, muy al contrario de invalidar interés, lo que hace es permitir la posibilidad de analizar las diferentes delimitaciones bajo otras perspectivas.

El valor de interacción

Como se ha venido comentando a lo largo de los capítulos anteriores, el policentrismo se ha establecido a lo largo de los últimos años como el modelo protagonista en la configuración de las estructuras urbanas en donde los mercados se articulan en torno a subcentros, relegando por completo al modelo monocéntrico, en el que tanto vivienda como empleo se erigían en torno al CBD de la metrópolis.

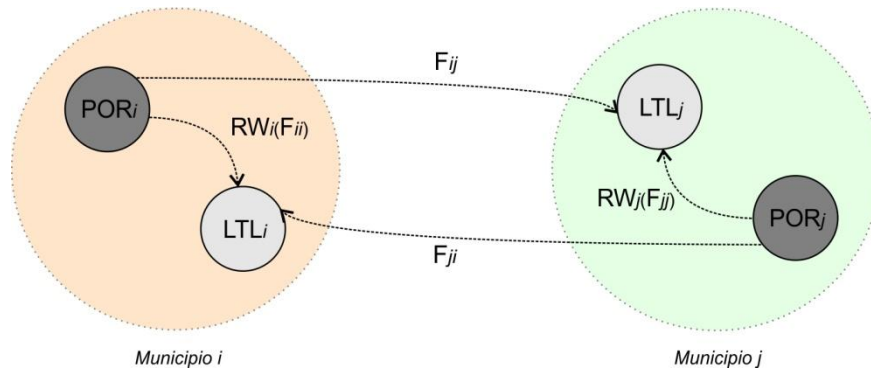
Para definir perfectamente un sistema urbano es necesario, en un primer lugar, delimitar los límites de las estructuras metropolitanas, y posteriormente, identificar los elementos que la comprenden y articulan, centro y subcentros.

Partiendo de la existencia de las dos grandes familias de delimitación de sistemas urbanos y detección de subcentros de empleo, en esta investigación se emplea la familia basada en el análisis de los flujos de personas. Concretamente, se aplica el método desarrollado por Roca y Moix (2005); Roca *et al.* (2009) y Roca *et al.* (2011), basado en el Valor de Interacción. Dicho método, permite la delimitación tanto de áreas metropolitanas como la identificación de subcentros mediante las relaciones funcionales que se establecen entre el mercado de trabajo y el de residencia (Roca *et al.*, 2011). Como explica Roca *et al.* (*op. cit.*) “*el procedimiento propuesto puede caracterizarse como una metodología down-up, esto es, que parte de las relaciones intensas en las cortas distancias, los sistemas urbanos, para agregarse en estructuras progresivamente más amplias, las áreas metropolitanas, hasta llegar incluso a la escala regional*”. (p.13)

A partir de la publicación del Censo español del 2001 de información sobre la movilidad laboral entre todos los municipios españoles, se podía saber cómo se comportaban los trabajadores al interno de las estructuras metropolitanas. A partir de los datos de esta movilidad obligada, y sobre las bases de la metodología del Censo Norteamericano, Roca y Moix (2005) delimitan los siete principales sistemas urbanos españoles. Construyen una matriz de flujos de *commuting* residencia-trabajo, en

donde el origen son los municipios de residencia y los destinos de la matriz de flujos, los municipios en donde se ubican los lugares de trabajo localizado (Figura 38).

Figura 38. Esquema de los diferentes flujos tomados en consideración para el cálculo del Valor de Interacción



Fuente: Elaboración propia

Dada la matriz de flujos residencia-trabajo de base local (municipios en el caso de España), se calcula la matriz origen-destino, i/j , de valores de interacción por medio de la ecuación (3):

$$V_{ij} = \frac{F_{ij}^2}{POR_i LTL_j} + \frac{F_{ji}^2}{POR_j LTL_i} \quad (3)$$

Donde V_{ij} es el valor de interacción entre las entidades i y j , F_{ij} y F_{ji} , los flujos de i a j y de j a i , respectivamente, POR_i y POR_j la población ocupada residente de ambas entidades, y LTL_i y LTL_j los lugares de trabajo localizados en esas mismas entidades.

Roca *et al.* (2011) explican los pasos fundamentales en los que se basa la metodología funcional del VI. A su vez, Ruiz (2016) detalla que dichos autores (Roca *et al.*, 2012) hacen lo siguiente:

“Una vez estimado el valor de interacción para todas las posibles combinaciones de zonas al interior de ámbito, se agrupan en sistemas locales las entidades que guarden una relación más intensa hasta el punto en que todas las zonas agregadas tengan su mayor valor de interacción entre ellas y sean físicamente continuas. Dicha agrupación denominada protosistema (semillas), se consolidará como un sistema urbano (piezas básicas), siempre y cuando cumpla con la condición

de autocontención³ igual o superior al 50%, puesto que se entienden como sistemas urbanos aquéllos capaces de retener dicha proporción de su población en sus puestos de trabajo, constituyendo así ciudades reales, sin importar los límites municipales. A su vez, los sistemas urbanos se agregan nuevamente en función a su máximo valor de interacción, conformando estructuras territoriales cada vez más extensas, que a determinada escala puede entenderse que representan áreas metropolitanas (estructuras complejas)". (p.75)

Como conclusión, hay que destacar que el método del VI se caracteriza por dos aportaciones especiales que lo diferencian del resto de metodologías (Masip y Roca, 2012):

- El peso de los flujos entre ambas zonas se relativiza debido a la totalidad de las masas de población ocupada residente (en adelante, POR) y los lugares de trabajo localizados (en adelante, LTL) de las zonas en relación,
- a la vez, este peso es considerado bidireccional, pues no sólo se mide la atracción en un solo sentido, sino también en la dirección opuesta (de la zona *i* a la zona *j* y viceversa)

Como explican Marmolejo *et al.* (2015a) *"el procedimiento de consolidación de áreas metropolitanas a partir de subsistemas, consiste en la construcción de árboles jerárquicos, en donde los subsistemas se van uniendo entre sí en virtud del valor de interacción (VI) que los relaciona". (p.10)*

5.2.2. Detección e identificación de elementos estructuradores: subcentros y centro

Una vez determinados los límites de las principales áreas, el siguiente paso es el de detectar su naturaleza estructural, para ello se procederá a la identificación de los elementos que la caracterizan (centro y subcentros), siguiendo el mismo método utilizado para la delimitación de los sistemas urbanos, el valor de interacción.

³ Se entiende por tasa de autocontención el porcentaje de la población ocupada residente (POR) que trabaja en el mismo municipio (o protosistema en este caso). Se desarrolla el cálculo de este indicador en el apartado de caracterización de la movilidad laboral en el capítulo V.

La metodología funcional del VI para la identificación de subcentros en estructuras urbanas policéntricas, presenta una peculiaridad respecto a las demás metodologías, y es que considera la disposición espacial de densidades laborales como piezas clave en la estructuración del mercado de vivienda (origen en la matriz de *commuting* residencia-empleo) y de trabajo (destino en la matriz de *commuting*) dentro de un área metropolitana (Roca *et al.*, 2011).

Una vez que se han identificado las centralidades, se procede a analizar el territorio desde la perspectiva de diferentes escenarios que responden a una serie de patrones de distribución económica y residencial. De manera que las nuevas centralidades se clasifican en dos grandes grupos.

En primer lugar, nos encontramos con el continuo económico central (en adelante, CEC), que viene definido por el conjunto de municipios conurbados, es decir, aglomeraciones delimitadas mediante la metodología NUREC⁴, cuyos tejidos urbanizados están separados a menos de 200m, e integrados funcionalmente por el VI, al municipio central, y además, con una densidad de $LTL > 700 \text{ LTL/km}^2$ ⁵.

Y a continuación, el otro gran grupo, los subcentros. Sobre los subcentros, Muñiz *et al.* (2005) ofrecen una clasificación en relación a su origen. Estos definen dos tipos de subcentros, los descentralizados y los integrados:

- *“Los primeros, surgen como consecuencia de la descentralización del empleo o de la población desde el CBD. En este caso, los menores costes del suelo de los subcentros y los de transporte al trabajo generaran un aumento paulatino de la densidad de población, que tenderá a aumentar en el tiempo.*

⁴ NUREC (network on urban research in the European Union), a través de la delimitación de 330 principales aglomeraciones de más de 100.000 habitantes en el seno de la Unión Europea, ha definido el concepto de aglomeración urbana como aquel continuo urbano que agrupa como mínimo 100.000 habitantes, utilizando la población a través del Censo de Población y Vivienda 1991; determinando el concepto de continuo como tejido urbano sin discontinuidades superiores a 200 metros.

⁵ Criterio este último, retomado de la metodología de GEMACA y del proyecto Polynet, metodología que define la aglomeración económica central a partir de los municipios contiguos que además de tener la densidad de actividad económica mencionada, tienen en conjunto una masa de 20.000 LTL.

- *Los segundos, responden a centros de actividad históricamente existentes que mantenían su respectiva área de atracción de trabajadores y que habían permanecido alejados del CBD. Cuando estos centros se van integrando funcionalmente mediante más canales de movilidad con el CBD, los espacios intersticiales que lo separaban de éste incrementan su valor al crecer la demanda residencial y, consecuentemente, la densidad poblacional".* (Chica, 2010, p. 4)

El procedimiento que se ha llevado a cabo para la clasificación de los subcentros en integrados/maduros o descentralizados/emergentes es el siguiente: en primer lugar, sobre la base del parque edificado del Censo del 2001, clasificado por rangos de años de construcción (antigüedad de la construcción), se ha extraído un conjunto de componentes principales que, posteriormente, mediante la ayuda de un análisis de conglomerados de *K-medias*, ha permitido agrupar a los 80 subcentros de las áreas metropolitanas (en adelante, AM) estudiadas, en emergentes y maduros.

De este modo, se clasifican los subcentros según su proceso de conformación, teniendo subcentros maduros y emergentes. Lo que habrá que ver es, si la naturaleza de los mismos, influye en los patrones de movilidad laboral y consumo de suelo sobre en el que estén situados.

Síntesis del apartado

La metodología aplicada para la caracterización de la estructura urbana, utilizada bien para la determinación de los límites de los sistemas metropolitanos, bien para la identificación de los centros y subcentros, ha sido el Valor de Interacción (VI) (Roca *et al.*, 2009).

Como se acaba de comentar, *"la filosofía que subyace en este método es la de encontrar ámbitos de escaso tamaño, articulados por fuertes vínculos funcionales, dentro de los cuales, la zona con mayor relación con las restantes hace las veces de subcentro estructurador"*. (Marmolejo *et al.*, 2012b, p. 8)

Tal método satisface una serie de ventajas y utilidades, en concreto, se solventan tres problemas presentes en otras metodologías, a saber:

- que no requiere una identificación del centro apriorística,
- que considera los flujos bidireccionales, y
- se evita un umbral *ad-hoc* para poner en relación dos zonas conectadas mediante la conmutación de flujos,
- se observan relaciones orbitales y/o radiocéntricas entre los diferentes centros de los ámbitos estructurales.

Existen otros estudios en donde la detección de subcentros se realiza mediante otros métodos. Un ejemplo de ello es la investigación llevada a cabo por Marmolejo et al. (2012b), los cuales caracterizan la estructura urbana: a) aparte de con el método funcional del VI; b) con el método paramétrico clásico, en el cual la densidad de empleo adopta una función exponencial negativa en relación a la distancia al centro metropolitano; y c) con una variante del método de umbrales propuesto por García-López (2007). La diferencia entre estas metodologías, es que los subcentros, adquieren características diferentes:

- en el primer caso, los subcentros son los municipios que estructuran la red de flujos que se gesta en su hinterland más cercano;
- en el segundo caso, los subcentros son aquellos municipios cuyos residuos positivos son estadísticamente significativos;
- Y en el último caso, los subcentros son aquellos municipios que tienen una densidad de empleo superior a la densidad media de su respectiva metrópoli, al tiempo que concentran en torno al 1% del empleo metropolitano

5.3. Caracterización del concepto general de policentrismo

“Un sistema urbano policéntrico debería ser aquél estructurado en varios (poli) centros, que interactúan tanto con su entorno inmediato (formando subsistemas) como entre ellos (estableciendo relaciones de complementariedad). No basta, por tanto, que haya muchos núcleos, sino es necesario también que exista una evidente relación entre los mismos”. (Marmolejo *et al.*, 2015a, p.186)

A partir de esta definición, y con el objetivo de que el concepto general del policentrismo quede definido, se muestran los dos enfoques del policentrismo, primero, desde la perspectiva morfológica (polinucleación), y segundo, desde la perspectiva funcional (policentricidad).

5.3.1. Indicador de polinucleación

En este apartado, basándose en la aportación de Marmolejo *et al.* (2012b), se analiza el nivel de polinucleación, que mide el número de núcleos, su importancia relativa como concentraciones del empleo metropolitano y su equipotencialidad en los mismos términos.

En otro trabajo, Marmolejo *et al.* (2015a) citan ciertas características de algunos investigadores que deben cumplir los territorios policéntricos, bajo la dimensión morfológica de la polinucleación.

La primera característica sería la que exponen Kloosterman y Musterd (2001). Estos autores (*op. cit.*) han señalado que un sistema policéntrico debe estar basado en un conjunto de ciudades con trayectorias históricas distintas, en donde no existe ninguna dominante y todas ellas tienen un tamaño similar.

La siguiente característica es que Parr (2004) añade la necesidad de que dichos núcleos estén espaciados entre sí, y por tanto, que tengan una distribución espacial con intersticios territoriales de por medio.

Y por último, Spiekermann y Wegener (2004) señalan que la relación entre el rango-tamaño debe seguir una función semilogarítmica, en donde la horizontal es significativa de núcleos de igual tamaño, y por ende, equipotenciales.

La metodología utilizada para analizar el nivel de polinucleación es la desarrollada por Marmolejo *et al.* (2012) a través del indicador de entropía de Shannon que se muestra en la ecuación (4):

$$H_m = -1 * \sum_i^n PLTL_i \cdot \ln (PLTL_i) \quad (4)$$

Donde, H_m es el nivel de entropía en la distribución de empleo dentro de los núcleos i , de un área metropolitana m determinada, y P es la probabilidad de encontrar empleo (LTL) en cada uno de los i núcleos.

5.3.2. Indicador de policentricidad

En este apartado se analiza el policentrismo desde la perspectiva funcional. Por tanto, el objetivo último es el de evaluar el nivel de intervenculación funcional, también llamado, nivel de policentricidad, entre los diferentes subcentros que conforman una metrópolis, analizando de este modo la dimensión relacional que se establecen entre las diferentes conexiones de los subcentros (ESPON 111, 2004; De Goei *et al.*, 2010). Los autores Marmolejo *et al.* (2015), definen que existe un mayor nivel de policentricidad cuando la red de flujos de los *commuters* es más diversa, bidireccional y densa. Por otro lado, el concepto de policentrismo que establece la ETE es que un sistema policéntrico no es más que una red de flujos en los que la economía se estructura en economías-red (Boix y Trullén, 2012) y se suma a las economías de aglomeración, características de las concentraciones de actividad económica (Marmolejo *et al.* 2015a).

La metodología que se va a aplicar para calcular el nivel de policentricidad de las siete principales metrópolis españolas, es el indicador formulado por Nick Green (2007) para estudiar, con datos de movilidad laboral del Censo del 2001, el funcionamiento en red de las principales áreas metropolitanas españolas. Para Green (*op. cit.*), basta con que haya más de un nodo o zona en el sistema, y que además, existan enlaces de intervenculación, para que se pueda calcular el indicador de policentricidad. De este modo, las conexiones entre los diferentes nodos podrían medirse a través de flujos

financieros, correos electrónicos, compras *on line*, llamadas telefónicas, flujos de compradores, viajes por motivos de ocio, de servicios médicos o para visitar amistades, y naturalmente, de tipo laboral (Marmolejo *et al.*, 2015a).

Seguidamente, se desarrolla la base de cálculo que ha utilizado Green (*op. cit.*) para mensurar la policentricidad funcional para el caso de flujos de movilidad laboral dentro de las principales áreas metropolitanas:

- 1) En primer lugar, se calcula la densidad de interacción de la red en términos de *commuting* Δ_c de la siguiente manera en la ecuación (5):

$$\Delta_c = \frac{L}{L_{m\acute{a}x}} \quad (5)$$

Donde L es el número total de flujos o movimientos de personas ocupadas entre los distintos nodos/zonas en el sistema urbano (área metropolitana en nuestro caso); y $L_{m\acute{a}x}$ es la diferencia entre el total de la población que trabaja en el sistema y la población ocupada residente (POR) de la zona más pequeña.

- 2) Con la densidad de la red anterior, se calcula el índice específico de policentricidad del *in-commuting* o de flujos de entrada a cada zona (*PSF-IC*) de la siguiente manera (6):

$$P_{SF-IC} = 1 - \frac{\sigma_{IC}}{\sigma_{IC\ m\acute{a}x}} \Delta_c \quad (6)$$

Donde σ_{IC} es la desviación estándar de los flujos de llegada de las zonas analizadas, mientras que $\sigma_{IC\ m\acute{a}x}$ es la desviación estándar entre el mayor de los flujos de entrada y cero (puesto que se pone en referencia al grado nodal de la red más simple con dos nodos, en donde el primero adopta el valor de cero y el segundo el que más flujos de entrada recibe).

- 3) De idéntica manera en la ecuación (7) se calcula el índice específico de policentricidad del *out-commuting* o flujos de salida (P_{SF-OC}):

$$P_{SF-OC} = 1 - \frac{\sigma_{OC}}{\sigma_{OC \text{ máx}}} \Delta_c \quad (7)$$

- 4) A continuación, y como paso previo para calcular el índice general de policentricidad funcional, hace falta calcular un modificador de complementariedad ϕ (fi), puesto que el total de la POR equivale al total de los LTL, ya que sólo se tienen en cuenta los flujos que inician y terminan dentro del sistema metropolitano, y en consecuencia, los índices específicos resultan complementarios. Dicho modificador se calcula de la siguiente manera en la ecuación (8):

$$\phi = 1 - \sigma \left(\frac{\sigma_{OC}}{\sigma_{OC \text{ máx}}}, \frac{\sigma_{IC}}{\sigma_{IC \text{ máx}}} \right) \quad (8)$$

- 5) Como paso final, en la ecuación (9) se calcula el índice general de policentricidad P_{GF} (en sus siglas inglesas) a través de una media de los índices específicos de los flujos de entrada y salida ponderados en la medida que resultan complementarios de la siguiente manera⁶:

$$P_{GF} = \frac{\phi \cdot P_{SF-IC} \cdot P_{SF-OC}}{2} \quad (9)$$

A continuación, para encontrar los factores urbanísticos que están detrás de la funcionalidad, se ha realizado un modelo de regresión, que entre otras cosas, exige tener un número razonable de observaciones, de manera que el P_{GF} se ha vuelto a calcular al nivel de subsistema urbano. Por tanto, la variable a explicar es el nivel de policentricidad entre los municipios que conforman los subsistemas urbanos de las siete áreas metropolitanas estudiadas.

⁶ Nótese que el indicador se construye con los flujos entre las zonas, sin considerar aquéllos que se quedan dentro de ellas.

5.3.3. Nivel de policentrismo

Una vez que ya se han definido los conceptos de polinucleación (topología) y policentricidad (topografía), se pretende dar una visión global y, así, poder construir un indicador general del policentrismo aunando las dos definiciones ya citadas.

Así, para la construcción del indicador de policentrismo, se ha realizado un análisis factorial con las diferentes dimensiones de polinucleación, obtenidas de los resultados de Marmolejo *et al.* (2012b) (*p.e.* Número de subcentros, porcentaje de LTL en los subcentros, porcentaje de LTL en el subsistema central), y policentricidad.

Síntesis del apartado

En este apartado de la metodología que se ha expuesto, ha servido para la caracterización demográfica/económica de los subcentros y el estudio de la influencia sobre su entorno.

En primer lugar, el nivel de polinucleación se ha estudiado mediante el coeficiente de entropía de Shannon que tiene en consideración tres dimensiones, la concentración de empleo en el continuo económico central (CEC); el número de subcentros y el porcentaje de empleo en los subcentros. Posteriormente, se ha dado paso al nivel de policentricidad funcional, que se ha obtenido tras aplicar los indicadores de Green, tanto a nivel general como específico, para las entradas y salidas de flujos de trabajadores. Además, en este punto se analizan las relaciones entre los subcentros y el CEC, de modo que se observan si éstas serán radiocéntricas u orbitales. Finalmente, el nivel de policentrismo se calcula mediante el análisis factorial de las dos componentes que lo constituyen (polinucleación y policentricidad general).

Se considera que la metodología que se ha utilizado para la elaboración de este apartado es novedosa, ya que intenta definir el concepto del policentrismo, no sólo desde la perspectiva morfológica y sino también desde la funcional.

Como se ha referido en el estado del arte en referencia a la perspectiva funcional del policentrismo (apartado 4.4. del capítulo IV), son pocos los autores que han relacionado ambas líneas de investigación. Entre ellos, se han expuesto los estudios de Song (1994) con variables de densidad de población y distancia de *commuting*.

Posteriormente, los investigadores Burger y Meijers (2012) analizando por un lado, la dimensión morfológica del policentrismo con el rango-tamaño de la modalidad, y por otro lado, el enfoque funcional del policentrismo con el rango-tamaño de la centralidad, generan una pendiente, que cuanto más suave sea, mayor nivel de policentrismo funcional existirá en las metrópolis holandesas. También se ha citado los de Muñiz y García López (2012) para el área metropolitana de Barcelona o el de Veneri (2010) para las metrópolis de Roma y Milán.

5.4. Métodos para la caracterización del consumo de suelo

Recordemos que la primera hipótesis decía que “[...] *los sistemas policéntricos son potencialmente sostenibles, desde una perspectiva ambiental, al generar territorios más compactos reduciendo, a su vez, el consumo del suelo*”.

En particular, se establece que dicho indicador es una función de tres dimensiones interrelacionadas entre sí mediante ciertas variables de control asociadas a:

- la estructura de la matriz territorial (E_t),
- la estructura de la actividad económica (E_e), y
- la estructura urbana (E_u)

Tal y como se establece en la ecuación (10) a continuación:

$$C_s = f(E_t, E_e, E_u) \quad (10)$$

5.4.1. Indicador de consumo de suelo/ densidad de uso del suelo

El cálculo del indicador de consumo de suelo es uno de los pilares principales de este trabajo, puesto que la primera hipótesis de esta investigación intenta demostrar que hay un menor consumo de suelo en las metrópolis policéntricas, en relación a otras que no lo sean, o tengan un menor nivel de policentrismo (Comisión Europea, 1999).

Este indicador considera tanto a la población en su faceta productiva (LTL), como la reproductiva (POB), de esta manera, el consumo de suelo por persona no se sesga en las áreas dominadas o bien por empleo (como los polígonos industriales) o por vivienda (como en el caso de las ciudades dormitorio). Sin embargo, se va a analizar la inversa del consumo de suelo, la densidad urbana. Cabe citar que a lo largo de la revisión de la extensa literatura, la variable de análisis de la estructura urbana, es por antonomasia, la densidad, ya sea de actividad económica (p.e. empleo), de vivienda, de población, etc. La densidad de uso del suelo es un indicador compuesto por dos densidades básicas, la densidad demográfica y la laboral. A través de dicho indicador se puede evaluar la eficiencia de las estructuras urbanas.

Dicho indicador, tal y como se muestra en la ecuación (11), es el resultado de dividir la suma de personas y empleos, por el suelo artificializado de un determinado municipio, derivado del proceso de teledetección. También se añaden en las ecuaciones (12 y 13) los dos tipos de densidades que se extraen de la densidad de uso del suelo, la demográfica y la laboral.

$$Densidad\ Uso\ del\ Suelo = \frac{Pob + LTL}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad (11)$$

$$Densidad\ demográfica = \frac{POB}{S_i} \quad (12)$$

$$Densidad\ laboral = \frac{LTL}{S_i} \quad (13)$$

Donde *POB* es la población del municipio *i*, expresada en número de personas; los *LTL* son los puestos de trabajo en el municipio *i*, y *S_i* es la superficie artificializada del municipio *i*, expresada en Km².

La aproximación metodológica ha consistido en construir modelos de regresión, en donde la variable dependiente es la densidad de uso del suelo (la inversa del consumo de suelo per cápita). Como variables independientes, se han incorporado las variables de control que a continuación se definen, y que subyacen a cada una de las tres dimensiones explicativas del consumo de suelo, así como la información utilizada en su construcción y el origen estadístico de la misma.

5.4.2. Estructura de la matriz territorial

Este análisis parte de la hipótesis que cuanto más compleja sea la matriz orográfica sobre la cual se asientan las áreas metropolitanas, más compleja será la estructura urbanizada de las mismas. De este modo, los territorios caracterizados por numerosos valles de mediana magnitud y montañas, impiden la generación de una urbanización continua, y por consiguiente, favorecen la aparición de varios núcleos ubicados en los valles e interconectados por las infraestructuras que siguen el cauce de las vías

fluviales. De la misma forma, cuanto más compleja sea la orografía de los municipios, mayor será la dificultad de edificar en altura y, por tanto, de reducir el consumo de suelo per cápita (Tornés y Marmolejo, 2012).

Cabe resaltar que se ha considerado que la matriz territorial puede ser un factor altamente condicionante del consumo de suelo, debido a que en las áreas más accesibles geográficamente, como valles, llanuras o ciudades cerca del mar, tenderían a tener un alto nivel de edificación, ya que son zonas atractivas para intereses tanto políticos, como paisajísticos o climatológicos, entre otros (*op. cit.*).

En esta dimensión se utilizan tres indicadores.

Indicador municipio costero

Esta variable indica si un municipio está en la costa o no. Con ello se pretende destacar el efecto histórico producido por la accesibilidad al mar en el pasado y los factores externos al mar en los nuevos desarrollos orientados al turismo.

Indicador pendiente media

Para la realización de este indicador se ha contabilizado, dentro de cada municipio, la cantidad de suelo en diferentes rangos de pendiente (*p.e.* <5%, entre 5 y 10%, entre 15 y 20%, etc.) con el concurso de un SIG y sobre la base del MDT. De la misma forma, cuanto más compleja sea la orografía de los municipios, mayor será la dificultad de edificar en altura y, por tanto, de reducir el consumo de suelo per cápita. De tal manera que se ha calculado la pendiente media del municipio.

Indicador de complejidad orográfica

Este indicador se ha construido del siguiente modo. En primera instancia, se ha calculado la pendiente media de cada municipio como se acaba de ver. Luego, sobre dichas cifras, se ha calculado el indicador de diversidad de Shannon. De tal manera

que, un municipio asentado sobre una superficie de una misma pendiente (*p.e.* una meseta), tendría una complejidad orográfica nula $H=0$. Cuanto mayor es el indicador de la complejidad orográfica, mayor es la variedad de pendientes y, por tanto, indica la presencia de accidentes geográficos.

$$H = - \sum_i^n \text{Ln}(P x_i) \cdot P x_i \quad (14)$$

En la ecuación (14), H es la complejidad orográfica de un municipio i , y P es la probabilidad de encontrar en dicho municipio una pendiente x determinada. De tal suerte que para calcular dicho indicador ha sido necesario categorizar toda la superficie de cada uno de los municipios de todas las áreas metropolitanas en rangos de pendientes (*p.e.* entre el 5% y el 15%).

5.4.3. Estructura de la actividad económica

Para analizar la naturaleza de la actividad económica, se ha tenido en cuenta el carácter general del uso del suelo en las áreas metropolitanas de estudio, de esta manera, las áreas metropolitanas en las que predomina el uso industrial, tienen un consumo de suelo intrínsecamente superior, en términos per cápita, que no las áreas con mayor representatividad de oficinas. Respondiendo a este planteamiento, Barcelona, con una importante reminiscencia de un pasado industrial, hoy en día en sus periferias, consume por este hecho más suelo que Madrid, en donde si bien se implantó industria a lo largo del siglo XX, el dominio de las actividades basadas en edificios de oficina, es predominante, como es propio de cualquier capital administrativa, sobre todo si es el nodo nacional en los circuitos de la globalización del capital. En este mismo sentido, se esperaría que las zonas en donde el turismo residencial se ha implementado con especial impulso, tiendan a consumir más suelo urbanizado (Tornés y Marmolejo, 2012).

Indicadores sintéticos de la estructura de empleo

Como se ha insistido, la naturaleza intensiva o extensiva de la actividad económica condiciona el consumo de suelo per cápita. Por esta razón, a partir de los datos de empleo por municipio (LTL), desagregados a un dígito de agregación de la CNAE-93, se han construido, por medio de un análisis factorial, indicadores sintéticos de la estructura del empleo.

Para identificar los empleos especializados se ha procedido a analizar, a escala de todos los municipios españoles, los sectores en los cuales las personas trabajadoras se desplazan más. Dicho cálculo ha consistido en multiplicar la matriz origen destino de cada uno de los diecisiete sectores de la CNAE, a 1 dígito de desagregación, por la matriz de distancias óptimas, derivada de un análisis en TransCAD, utilizando la base cartográfica de Tele Atlas. Posteriormente, mediante un análisis de conglomerados, se han identificado los sectores más especializados, que son: Fabricación, Comercio/ventas, financiera, servicios, transporte y restaurante/hoteles.

Indicadores sintéticos de la estructura de la población ocupada

El nivel de renta, medido como un indicador sintético, fruto de la factorización de la estructura socio-profesional de la población ocupada residente, desagregada a 1 dígito de la CNO-94, ha permitido controlar las diferencias, no sólo en el nivel de renta, sino también en las diversas necesidades que se derivan de las propias actividades laborales a las que se dedica la población ocupada.

Hay que indicar, que se espera una correlación positiva entre el nivel de renta y el consumo de suelo, ya que la población con un nivel de ingresos alto, suele preferir viviendas más grandes o de tipo unifamiliar, cuyo consumo de suelo es sustancialmente mayor.

5.4.4. Estructura urbana

En la dimensión de la estructura urbana, se inscriben dos indicadores fundamentales.

Indicador de fragmentación

La fragmentación del tejido urbanizado se refiere al nivel de discontinuidad de los continuos urbanizados. En sí, este indicador, que está fuertemente correlacionado con el tamaño de las áreas metropolitanas, y con la naturaleza orográfica de los territorios en los cuales éstas se asientan, también internaliza la diferente condición de utilización del territorio. De este modo, la discontinuidad puede ser explicada como una solución de continuidad, que permite respetar las zonas no urbanizadas (p.e. zonas naturales o agrícolas), rodeándolas, o estableciendo corredores entre ellas; aunque también puede tener un enfoque contradictorio, al interpretarse como la creación de territorios vacíos de cuestionable utilidad inmersos en la red de infraestructuras suburbanas de las grandes metrópolis que no hacen sino mermar la experiencia urbana y, en ese sentido, la calidad de vida de sus moradores (Tornés y Marmolejo, 2012).

El procedimiento de cálculo del indicador de fragmentación es el siguiente. En primera instancia los diferentes polígonos del CLC se han fusionado en función de su contigüidad. Luego, se ha calculado para cada municipio, el número de polígonos urbanizados discontinuos y se ha computado la superficie de cada uno de ellos. Y finalmente, con esta información, se ha calculado la complejidad de la continuidad de la urbanización (indicador de fragmentación) siguiendo el criterio de Marmolejo y Stallbohm (2008) mostrado en la ecuación (15).

$$Fragmentación = - \sum_i^n P_{xi} \cdot \ln P_{xi} \quad (15)$$

Donde, en este caso, P_{xi} es la probabilidad de encontrar suelo urbanizado en cada polígono x de un municipio i determinado. Cuanto más alto es el valor del indicador, mayor el nivel de fragmentos de urbanización dentro de un municipio.

Indicador subcentro (policentrismo)

Este indicador es una variable ficticia que adopta el valor 1 si un municipio es considerado subcentro (subcentros detectados e identificados mediante el método del VI explicado en el apartado 5.2.1. de la caracterización de la estructura urbana).

Indicador de accesibilidad

Por su parte, el indicador de accesibilidad se ha introducido mediante dos variables:

- Indicador Distancia al CBD y distancia inversa al subcentro

La primera variable de la accesibilidad se presenta con dos tipos de distancias: primero, la distancia que separa cada municipio del CBD; y en segundo lugar, la distancia inversa al subcentro al cual se encuentra adscrito funcionalmente. Al hacer esto, se está suponiendo que los subcentros ejercen una influencia más localizada sobre las densidades urbanas cercanas que la que ejerce el CBD.

De este modo, las distancias a los centros (CBD y subcentros), intentan medir el impacto que estos irradian sobre el proceso de organización en su entorno. La inversa de la distancia evita los problemas de multicolinealidad producidos por el hecho de que, en algunos casos, la distancia al CBD está correlacionada con la distancia a los subcentros, debido a su proximidad espacial.

La distancia se ha calculado a través de un análisis de rutas mínimas realizado en el software SIG TransCAD a partir de la malla viaria de TeleAtlas.

- Indicador Estaciones de servicios ferroviarios

La segunda variable que se refiere a la accesibilidad, es el indicador de estaciones de servicios ferroviarios, asume tanto las estaciones de cercanías, como de metros, cuando existan. Para ello, se han construido indicadores relativos a la dotación de estaciones ferroviarias con servicios metropolitanos.

Síntesis del apartado

En este apartado se pretende analizar hasta qué punto el policentrismo está correlacionado con el consumo del suelo. Para ello, a partir de información sobre población, empleo y consumo de suelo de las principales metrópolis españolas, se

construye un modelo de regresión en donde la variable dependiente es la inversa del consumo de suelo (densidad de uso del suelo) y, las independientes, una serie de indicadores asociados con la estructura de la matriz territorial, de la estructura urbana y de estructura de las actividades económicas.

5.5. Métodos para caracterizar la movilidad laboral

Recordemos que la segunda hipótesis dice que “[...] *por otro lado, la estructura urbana incide en la movilidad laboral, de tal manera que cuanto más importante es la concentración urbana (policentrismo), menor es la distancia recorrida desde la residencia al trabajo*”.

En este trabajo se considera que la movilidad laboral cotidiana viene representada mediante los flujos de trabajadores entre distintos municipios⁷.

5.5.1. Índice de exceso de movilidad

La metodología empleada se ha aplicado a las siete principales áreas metropolitanas de España y se basa en la construcción de una serie de matrices y de un ulterior indicador al que se le ha llamado índice de exceso de movilidad, el cual pretende mensurar el impacto del policentrismo sobre la movilidad laboral, es decir, el exceso de *commuting* entre la movilidad actual (real) y entre la movilidad teórica (óptima). En definitiva, este desfase está cuantificando cuál es el coste, en términos de distancias (kilómetros), de los desplazamientos laborales. Dicha metodología se extrae de la aproximación desarrollada por White (1988) que se muestra en la ecuación (16):

$$CT = \sum_i^n \sum_j^n (C_{ij} X_{ij}) \quad (16)$$

Sujeto a las restricciones de la ecuación (17):

⁷ Nótese que se trata, de una aproximación algo simplista, dado que se evitan los flujos intramunicipales, y tampoco se consideran las diferencias que existen, en términos de superficie, de los diferentes municipios. Sin embargo, ésta es la única forma posible de trabajar con la información de la que disponemos. A pesar de todo esto, estos datos dan una óptima visión de la heterogeneidad, en términos de movilidad recurrente, de los diversos grupos en que pueden ser divididos los trabajadores.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = LTL_j; \sum_{i=1}^n X_{ij} = POR_i; X_{ij} \geq 0 \quad (17)$$

Donde C_{ij} es el coste generalizado de transporte para ir de i a j , que en nuestro caso, responde a la longitud del desplazamiento. X_{ij} es el número de trabajadores que viajan de la zona i a la j ; POR es la población ocupada residente del sitio i de origen, y LTL es el empleo o lugares de trabajo localizados del sitio j de destino. Si CT se divide por la suma de LTL tenemos el recorrido medio, en este caso en kilómetros. A efectos de construir el indicador, se considera que el exceso de *commuting* es plenamente geográfico y por ende, se construye con distancias y no con tiempos. Finalmente, indicar que se ha construido un modelo de optimización para cada área metropolitana estudiada.

El indicador de exceso de movilidad se construye como el cociente entre la distancia recorrida (real/observada) y la distancia teórica (requerida/óptima). La distancia “requerida/óptima” es la mínima que habría de recorrer la población ocupada habida cuenta de:

- la distribución espacial de su sitio de residencia,
- la distribución espacial del empleo, y
- la red viaria que vincula unos sitios con otros.

Por tanto, la distancia “requerida/óptima” es la que minimiza el esfuerzo global para desplazar al conjunto de la población de su lugar de residencia al lugar de trabajo disponible más cercano. Este indicador, como se ve, es robusto ante:

- las variaciones morfológicas (tamaño y forma) de las áreas metropolitanas, y
- a sus diferentes estructuras (monocentrismo/policentrismo).

Viajes actuales representados en la ecuación (18):

$$CA = \sum_i^n \sum_j^n (C_{ij} X_{ij}) \quad (18)$$

Donde X_{ij} es el número de viajes actuales de la zona i a la j .

Viajes óptimos representados en la ecuación (19):

$$CO = \sum_i^n \sum_j^n (C_{ij} Y_{ij}) \quad (19)$$

Donde Y_{ij} es el número de viajes óptimos de la zona i a la j .

Índice del exceso de movilidad laboral

A continuación, se muestra la ecuación (20) que se ha utilizado a la hora de desarrollar el exceso de la movilidad laboral:

$$\frac{CA}{CO} = \text{Índice de Exceso de movilidad laboral} \quad (20)$$

De esta manera, si el cociente es 1, quiere decir que la distancia recorrida (real/observada/actual) es la misma que la mínima (requerida/óptima), y si es mayor a 1, quiere decir que existe un exceso de movilidad.

Las fuentes de información utilizadas para el desarrollo de este indicador son dos, en términos demográficos y de movilidad obligada residencia-trabajo (*commuting*), procedentes del INE de Población y Vivienda proporcionadas por el Censo del año 2001. Y en términos de infraestructuras, la red viaria de Tele Atlas del año 2001. Sintéticamente, esta matriz se compone de filas, que recogen los lugares de residencia de los trabajadores, y columnas, que recogen su lugar de trabajo. Con todo ello, se han elaborado tres matrices de flujos de viajes en el software TransCad 5.0. En dicho software, se ha trabajado con tres coberturas, una con información de los municipios, otra con la red calculada con Tele Atlas y otra última, la de los centroides de cada municipio, que representa el centro de gravedad de cada uno.

5.5.2. Otros factores urbanísticos con incidencia sobre la movilidad

A continuación, se explicitan el resto de factores urbanísticos cuya incidencia sobre las pautas de movilidad ha sido estudiada. Un conjunto de variables provenientes de diferentes esferas que pueden adscribirse a tres dimensiones fundamentales, la urbanística, la laboral y la territorial, a saber:

Variables de transporte

Las variables de transporte responden a que, en la literatura, es un hecho contrastado la relación entre las infraestructuras de transporte público y privado, y los patrones de movilidad.

- Estaciones de servicios ferroviarios

Se han construido indicadores relativos a la dotación de estaciones ferroviarias con servicios metropolitanos por cada 10.000 habitantes.

Este índice, imperfecto para lo que sería deseable, intenta mensurar los servicios de transporte masivo intermunicipales.

- Accesos y pasos de vías de alta velocidad/capacidad

Y lo mismo sucede en relación a los accesos a vías metropolitanas de alta capacidad/velocidad por cada 10.000 habitantes, siempre distinguiendo entre aquéllas que se pagan de las gratuitas para el usuario, por los efectos diferenciales que pudiesen producirse.

Asimismo, se ha computado la simple presencia de estas vías como una *proxy* de un acceso indirecto a través de la red viaria secundaria. No hay que olvidar que la existencia de accesos y pasos viarios es un indicador del potencial de movilidad que no siempre se capitaliza en desplazamientos, porque pueden no resultar accesibles a la población.

Cuanto mayor es el número de accesos, y el de dotación de estaciones de ferrocarril, menor es la dificultad de las personas para superar el espacio que separa a los municipios entre sí, y por tanto, mayor la movilidad potencial.

Variables de estructura urbana y del mercado laboral

Recordemos que la primera parte de la segunda hipótesis decía que “[...] *en particular, si los subcentros del sistema se encuentran diversificados, es decir, tienen un equilibrio entre población y actividad económica, la movilidad de las personas se verá reducida*”.

- Indicador de equilibrio

Para probar esta hipótesis se ha construido el indicador de equilibrio entre la población ocupada residente y los lugares de trabajo localizados de dos maneras:

- Indicador de equilibrio socioprofesional

Por un lado, se analiza la correspondencia entre la cualificación ocupacional de la población ocupada residente que vive en dichas viviendas y la que trabaja en las empresas, aspecto que también se ha controlado mediante el análisis cruzado de las categorías ocupacionales a 1 dígito de la Clasificación Nacional de Ocupaciones. En la ecuación (21) se muestra cómo se ha calculado:

$$C_n = \sum_{i=1}^n |PLTL_i - PPOR_i| \quad (21)$$

Donde, C es el equilibrio entre la cualificación de la POR y los LTL de un municipio n , $PLTL$ y $PPOR$ son respectivamente la probabilidad de encontrar en dicho municipio empleos y población ocupada residente en una ocupación i .

- Indicador de equilibrio sectorial

Asimismo, se ha construido un indicador similar al anterior, pero usando la Clasificación Nacional de Actividades Económicas de 1993, dada la existencia de

sectores económicos particulares donde la especificidad de la cualificación sectorial viene dada, no por el rol que las personas trabajadoras juegan dentro de las empresas, sino por la propia rama de la actividad económica a la que se dedican. El indicador se calcula de forma análoga a la ecuación (21).

- Tasa de autocontención

Este indicador, muy relacionado con los que se acaban de analizar, presenta el nivel de retención que tiene un municipio, es decir, mide el porcentaje de la población ocupada que trabaja en la misma zona donde reside (en inglés *resident workers*, en adelante RW). Se calcula mediante la ecuación (22):

$$\text{Autocontención} = \frac{RW_i}{POR_i} \quad (22)$$

Donde, RW_i representa los empleos ocupados por los mismos residentes de la zona i , y POR_i la población ocupada residente de la zona i .

- Indicador *job ratio*

Este indicador, el *job ratio*, mide el equilibrio entre el empleo y los residentes activos, de tal manera que cuanto mayor es esta proporción, mayor deberían ser los patrones de desplazamiento, ya que habría una elevada importación de trabajadores, debido a una mayor cantidad de lugares de trabajo localizados en cierta zona i en relación a la población ocupada residente en la misma. Se calcula mediante la ecuación (23):

$$\text{Job Ratio} = \frac{LTL_i}{POR_i} \quad (23)$$

Donde, LTL_i representa los lugares de trabajo localizados del municipio i , y POR_i la población ocupada residente del municipio i .

- Indicador de *job- housing balance*

Por su parte, el *job- housing balance*, es el *ratio* entre el empleo y la vivienda, se ha probado con la vivienda total y sólo la principal, e intenta mensurar el equilibrio de usos de suelo, entre el techo destinado a empresas, y aquél ocupado por los moradores. La ecuación (24) muestra el cálculo de este indicador:

$$\text{Job Housing Balance Ratio} = \frac{LTL}{Viv (total y ppal)} \quad (24)$$

Seguidamente, recordemos que la segunda parte de la segunda hipótesis decía que “[...] y si son diversos, en cuanto a tipos de vivienda y empleo, entonces la movilidad se verá reducida aún más”.

- Indicador diversidad tipológica de la vivienda

Dada la escasez de información, se ha adoptado como aproximación a la tipología de la misma, su tamaño, derivado del Censo de Población y Vivienda de 2001. El indicador de diversidad de la oferta de vivienda se ha calculado mediante la siguiente ecuación (25):

$$H_n = -1 * \sum_i^n PSV_i \cdot \ln(SV_i) \quad (25)$$

Donde, H es la diversidad de la vivienda en un municipio n , y PSV_i es la probabilidad de encontrar en el municipio n una vivienda comprendida en un rango de superficie útil i .

Cuanto más grande es H , mayor es la diversidad de la vivienda presente, es decir, existe una mayor distribución de las viviendas en las diferentes categorías de superficie, que en este caso hacen de aproximación a la tipología de la vivienda. Por lo que se espera que al existir una mayor oferta de tipología de viviendas, la movilidad laboral se reduzca.

- Indicador de diversidad sectorial del empleo

En el mismo sentido se ha introducido la diversidad de la oferta de empleo a 1 dígito de la CNAE. Este indicador es sumamente importante, al igual que el anterior, ya que un municipio que tenga una baja diversidad sectorial de empleo, será un municipio en el que sólo puedan encontrar trabajo un perfil determinado de personas ocupadas. Por tanto, se espera que a mayor nivel de diversidad de empleo, menor exceso de *commuting*.

Asimismo, se ha construido un indicador similar al anterior, pero usando los LTL desagregados 17 sectores mediante el índice de entropía de Shannon (21) a partir de los datos de la Clasificación Nacional de Actividad Económica de 1993, dada la existencia de sectores económicos particulares donde la especificidad de la cualificación viene dada no por el rol que las personas trabajadoras juegan dentro de las empresas, sino por la propia rama de la actividad económica a la que se dedican.

- Indicador de porcentaje de empleo industrial

Dentro de estas variables, se ha analizado el papel que juegan los municipios especializados en empleo industrial, es decir, los municipios polígono-industrial, cuya proliferación en las últimas décadas ha sido una constante en las periferias de nuestras áreas metropolitanas.

Este indicador es simplemente el porcentaje de empleo industrial, cuyo efecto sobre los modelos de regresión es exactamente el mismo que el del coeficiente de localización o especialización, al ser este segundo una transformación lineal del primero. Expresado en la siguiente ecuación (26):

$$Ce_{xi} = \frac{\% emp_x}{\% emp_y} \quad (26)$$

Donde Ce_{xi} es el coeficiente de especialización de un sector x en la entidad geográfica i ; emp_x es el porcentaje de empleo en una actividad o sector x de una entidad geográfica i respecto del total de empleos de su actividad económica; emp_y es el porcentaje de empleo en una actividad o sector x en el sistema geográfico y , respecto del total de empleos de su actividad económica.

Este factor, a nivel local, es importante, ya que afecta al conjunto, puesto que producen desequilibrios en los *commuting* de todo el sistema metropolitano, debido a que los superávits o déficits de puestos de trabajo del sector industrial, tendrán que ser compensados en otros municipios en los que suceda el caso contrario. Por tanto, se espera que a mayor especialización industrial, mayor exceso de movilidad laboral.

- Nivel de renta/ socioprofesional

El nivel de renta, medido como un indicador sintético fruto de la factorización de la estructura socio-profesional de la población ocupada residente desagregada a 1 dígito de la Clasificación Nacional de Ocupaciones de 1994, ha permitido controlar las diferencias en el exceso de movilidad originadas no sólo por las diferencias en el nivel de renta, propias de ciudades segregadas como las nuestras, sino también en las diferentes necesidades de movilidad que derivan de las propias actividades laborales a las que se dedica la población ocupada.

Es previsible que a mayor nivel de renta, existan mayores posibilidades de usar medios de transportes más diversos y, por tanto, una movilidad con un mayor alcance espacial.

- Distancia al centro metropolitano

Ya ha sido explicada anteriormente en el apartado 5.4. de la caracterización del consumo de suelo.

- Distancia al subcentro más cercano (y su inversa, para controlar efectos de corto alcance)

Ya ha sido explicada anteriormente en el apartado 5.4. de la caracterización del consumo de suelo.

Otras variables de control

- Complejidad orográfica

Ya ha sido explicada anteriormente en el apartado 5.4. de la caracterización del consumo de suelo.

- Indicador de pertenencia a un área metropolitana

Asimismo, el hecho de trabajar con una base integrada por municipios pertenecientes a diferentes realidades territoriales (*p.e.* situadas en diferentes CC.AA, con distintas leyes y políticas urbanísticas), ha hecho necesaria la introducción de una variable de control para cada una de ellas. Dicha variable, permite controlar las diferencias no capturadas por el resto de variables, así como variables no observables tales como las políticas públicas (*p.e.* el peaje de carreteras metropolitanas) que pueden hacer divergir los patrones de movilidad.

5.5.3. Distancias recorridas

Influencia del tamaño y forma de las ciudades sobre la movilidad laboral

Para analizar la distancia de los desplazamientos recorridos por la población desde el punto de vista morfológico, se estudia la movilidad tomando en consideración el tamaño y la forma de las ciudades.

Para ello, se construye un modelo de referencia de movilidad máxima, que por simplicidad, corresponde al monocéntrico perfecto. En dicho modelo, toda la población ocupada se desplaza, desde el sitio en donde efectivamente reside, al centro metropolitano en donde se supone concentrado todo el empleo. A continuación, sobre la base de dicho modelo, se calcula el recorrido del conjunto de la población desde sus lugares de residencia hasta el centro, y se compara con el recorrido real observado, luego se extrae el *ratio* del segundo sobre el primero.

De esta manera, cuanto más cercano a 1 es dicho *ratio*, mayor es la movilidad, una vez controlado el tamaño y la forma, toda vez que el modelo monocéntrico en destino es uno de los que maximizan los desplazamientos. El *ratio* construido puede interpretarse, por tanto, como un *ratio* de movilidad relativizada por el tamaño y la forma.

Influencia del nivel de policentrismo de las ciudades en la movilidad laboral

Una vez controlado el tamaño y la forma, se procede a comprobar desde una perspectiva estructural, si el modelo policéntrico tiene relación con la movilidad laboral. Para ello se realiza un análisis de los dos indicadores del policentrismo que se han calculado con anterioridad:

- La polinucleación, que mide el número de núcleos, su importancia relativa como concentraciones del empleo metropolitano y su equipotencialidad en los mismos términos (Marmolejo *et al.*, 2012b).
- La policentricidad, que mide la intervinculación funcional de los subcentros con el resto de los subcentros y el *hinterland* que cohesionan (Marmolejo *et al.*, 2013).

Cuanto más grande es el valor de ambos indicadores, mayor es la forma y el funcionamiento policéntrico respectivamente.

¿Difieren los patrones de movilidad de la población según resida o no en los subcentros?

En este apartado se pretende profundizar un poco más sobre la diferencia en los patrones de movilidad de los residentes de los diferentes entornos que integran nuestras ciudades. Para ello, los municipios de cada ciudad real, han sido clasificados en cuatro categorías que responden a cuatro entornos urbanos claramente diferenciados: centro económico central, subcentros maduros y emergentes, y el resto de municipios intersticiales.

Una vez clasificados los municipios, se ha procedido a caracterizar los patrones de movilidad de la población, distinguiendo, a su vez, el total de la población, los *commuters* (personas que cambian de municipio para trabajar) y los *resident workers* (aquellas personas que trabajan en el mismo municipio de residencia).

Cabe destacar que asumiendo la hipótesis de co-localización⁸, los datos con los que se han realizado los estudios son exclusivamente a nivel metropolitano, es decir, estos análisis se han elaborado para cada área metropolitana, considerando solamente los desplazamientos que se generan dentro de este espacio, excluyendo de esta manera, los desplazamientos laborales intermetropolitanos o la movilidad laboral desde la segunda residencia. De este modo, se obtiene un sistema cerrado y equilibrado, de forma que los desequilibrios se producen cuando el número de trabajadores que reside en una zona es diferente del número de puestos de trabajo en esa misma zona, lo que conlleva necesariamente a que se originen viajes entre diferentes zonas del sistema urbano (Marmolejo y Tornés, 2015b).

El proceso que se ha realizado para obtener las distancias recorridas por las personas ocupadas según los diferentes territorios, ha consistido en la construcción de una matriz origen- destino simple de distancias a escala municipal, realizando una estimación a partir de la red viaria y siguiendo un procedimiento de optimización de rutas en TransCAD. Los *commuting* de la población ocupada que trabaja en su mismo lugar de residencia (*resident workers*) se han calculado a partir del análisis de la superficie urbanizada real de cada municipio⁹.

Las fuentes utilizadas de donde se han obtenido los datos de estudio son el Censo de 2001 a través del Instituto Nacional de Estadística. De dichos datos se extraen los municipios de residencia y de empleo de la población ocupada (con empleo).

⁸ La hipótesis de la co-localización de la población y el empleo establece que la población hace su elección de residencia buscando minimizar el costo de traslado de la vivienda al lugar de trabajo. Ésta es una de las implicaciones clave del policentrismo de la NEU (Sánchez Trujillo, 2013).

⁹ En concreto, se ha supuesto, por facilidad, que la superficie urbanizada se distribuye en un círculo, y posteriormente se ha calculado otro círculo interior cuya superficie equivale a la mitad de la del círculo exterior, así la distancia recorrida es el radio del círculo interior (Marmolejo y Tornés, 2015b).

¿Difieren los patrones de movilidad de la población según resida o no en los subcentros y el género?

En este apartado, se intenta profundizar aún más en los diferentes patrones de viajes que se suscitan entre las mujeres y los hombres dentro de la movilidad laboral. Se analiza ya que se considera que el género es una de las variables que más afectan a los diferentes patrones de desplazamientos dentro de la movilidad laboral metropolitana.

Se examinan estas diferencias en relación a dos variables, el municipio de residencia y de trabajo, y el número de viajes que realizan los trabajadores, desde los datos que ofrece el Censo de Población y Vivienda de 2001 del INE.

Síntesis del apartado

En este apartado se analiza la relación que existe entre el policentrismo y la movilidad laboral. A partir de la matriz de movilidad del Censo de Población y Vivienda, y de los estudios previos, se construye una batería de indicadores que permiten medir la incidencia del policentrismo sobre las distancias recorridas por la población ocupada. Por otro lado, una vez controlada la estructura de la distribución espacial del empleo y la población, mediante el algoritmo de White (1988) se estudia, con ayuda de un modelo estadístico, la relación entre la de la movilidad y diferentes indicadores urbanísticos.

5.6. Síntesis del capítulo

Una vez que se han establecido las metodologías de caracterización de los cuatro apartados principales mediante la construcción de indicadores y modelos econométricos de regresión simple, se proporciona el sustento empírico para dar respuesta a las hipótesis de la presente tesis doctoral.

En primer lugar, se comprobará la relación existente entre la estructura urbana policéntrica y el consumo de suelo. Y en segundo lugar, se examinará el impacto que tiene el policentrismo sobre la movilidad laboral. A la par que se verán las correlaciones paramétricas entre los diferentes indicadores, esta investigación se ha apoyado y fundamentado en el uso de SIG para el análisis de los mismos.

Capítulo VI

Discusión de los resultados

El presente capítulo, el último de la tesis, es donde se exponen los resultados que se han elaborado a partir de la aplicación de la metodología desarrollada para la investigación.

La estructura de este capítulo sigue el mismo orden que se ha utilizado en el capítulo de la metodología. En el primer apartado, se plasma la caracterización de la estructura urbana, en donde se han delimitado el ámbito de estudio e identificando los subcentros, además de clasificarlos en maduros o emergentes. En el apartado dos de este capítulo, se construye el indicador de policentrismo, compuesto por los resultados obtenidos de, la polinucleación mediante la caracterización demográfica y económica de los subcentros y la influencia en su entorno, y los resultados de la policentricidad, en los que se muestra la intervenculación que existe entre los subcentros. En el tercer apartado, se exponen los resultados de la caracterización del consumo de suelo mediante el análisis de su inversa, la densidad de uso del suelo per cápita, y de otros factores. En el cuarto, se analiza la relación existente entre consumo de suelo y el policentrismo por medio de una serie de modelos de regresión. El quinto y sexto apartado hacen lo mismo, pero relativo a la movilidad, primero se la caracteriza mediante una serie de indicadores, y a continuación, se analiza el impacto del policentrismo sobre ésta a través de modelos de regresión y estudios de los patrones de desplazamiento de los trabajadores.

6.1. Resultados de la caracterización de la estructura urbana

En el capítulo V que se acaba de desarrollar, el de la metodología, se ha explicado que mediante el método del VI se han realizado dos procesos: 1) se han delimitado los sistemas metropolitanos; y 2) se han identificado las estructuras urbanas, es decir, los elementos constitutivos de las metrópolis, centros y subcentros.

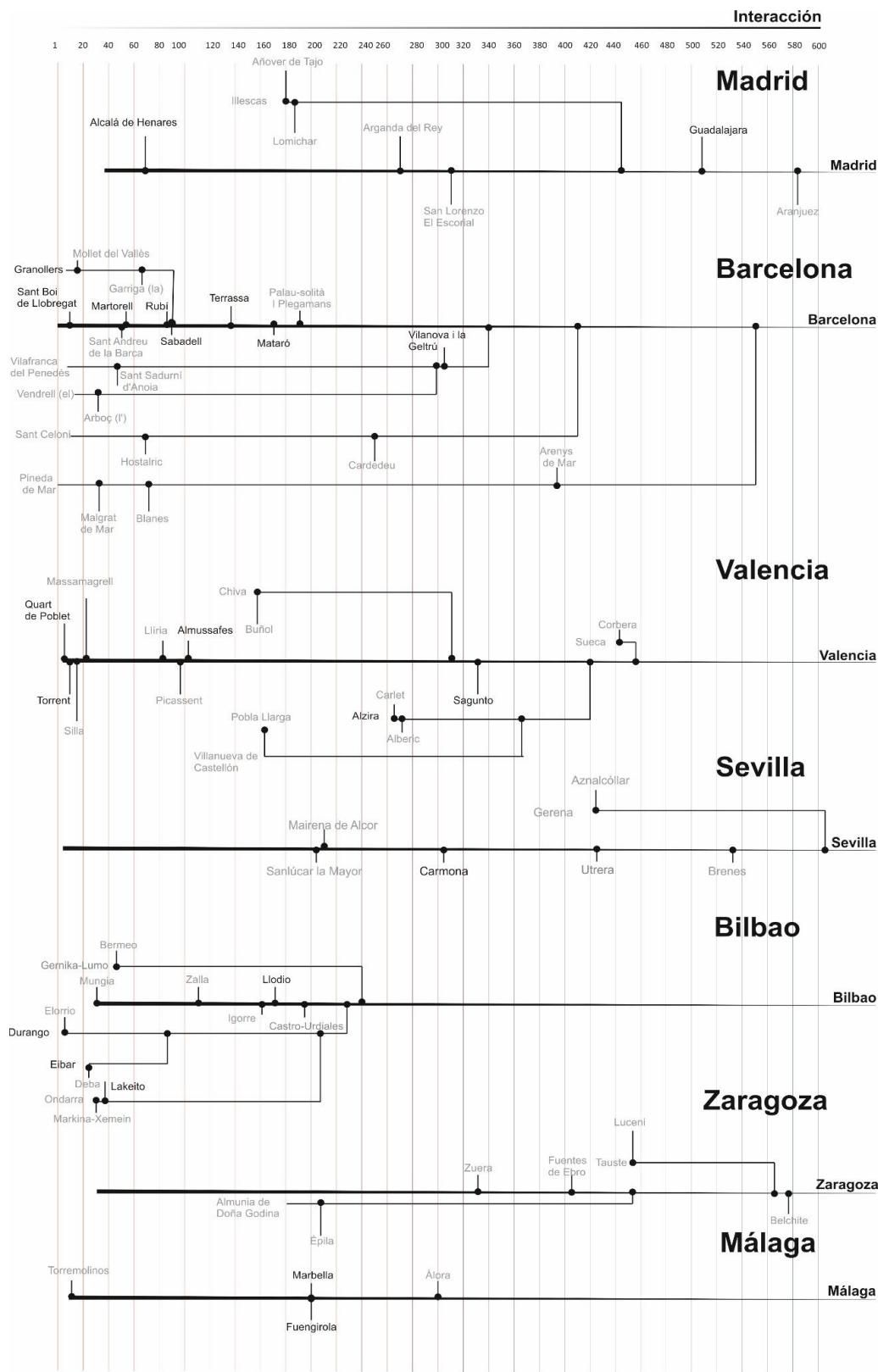
A continuación, se procede a caracterizar, por tanto, la estructura de cada área metropolitana, los elementos que la componen, la población, extensión, etc. Con el fin de profundizar en cada una de las principales áreas metropolitanas que son nuestros casos de estudio en donde comprobar las dos hipótesis de esta investigación.

6.1.1. La delimitación de los sistemas metropolitanos- ámbito de estudio I

Este apartado introduce el área de estudio, describiendo sus aspectos geográficos, urbanísticos, de localización de la población y de la actividad económica. Como ya se ha citado anteriormente, los casos de estudio son las siete principales áreas metropolitanas españolas: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Bilbao, Málaga y Zaragoza. Estos sistemas metropolitanos son los más grandes en España, con excepción del área metropolitana asturiana (Oviedo, Gijón y Avilés), y valenciana (Alicante y Elche), cuya población en ambos casos estaría por encima de la del sistema urbano de Málaga. Sin embargo, dichas ciudades no alcanzan a conformarse como áreas metropolitanas antes del VI 1/1.000, a diferencia de las siete áreas aquí analizadas.

Como se ha explicado en la metodología referente a la delimitación de las áreas metropolitanas, éstas se han configurado mediante la construcción de árboles jerárquicos que se consolidan con la utilización del valor de interacción. En la Figura 39 se muestra un gráfico de sedimentación que abarca todos los subsistemas del territorio de España, siendo el resultado sólo 7 áreas metropolitanas, encabezando el árbol jerárquico el sistema funcional de Madrid.

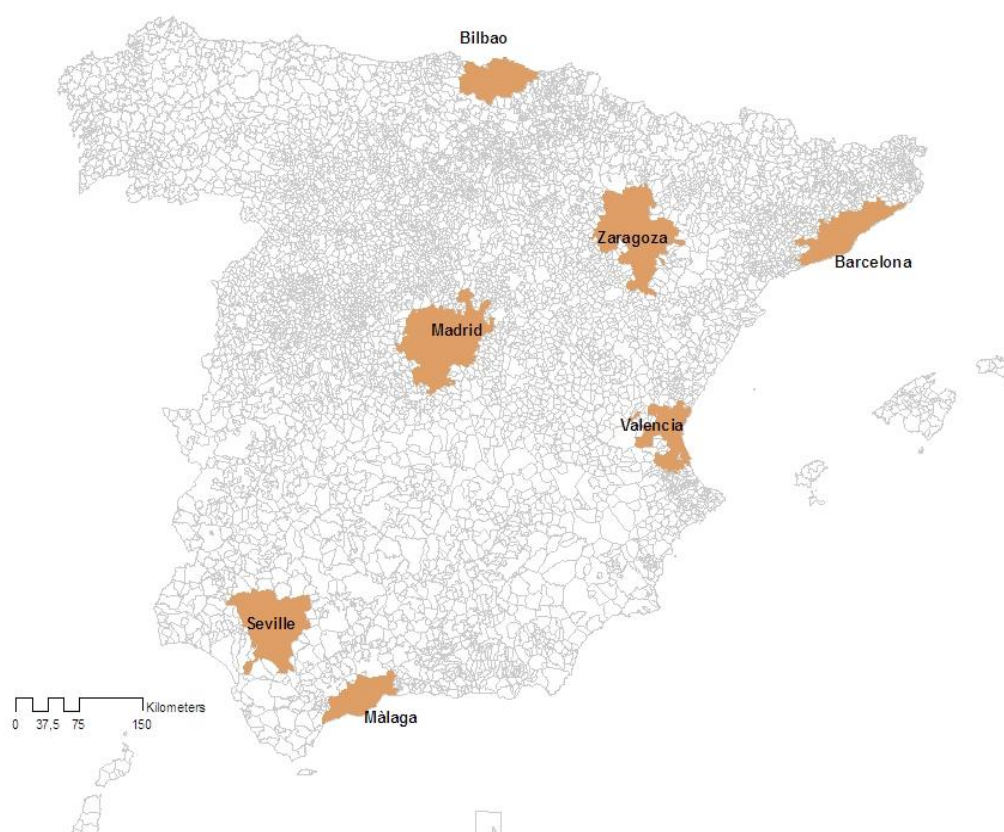
Figura 39. Árbol jerárquico urbano según las relaciones funcionales en las principales áreas metropolitanas españolas



Fuente: Marmolejo et al. (2013a)

Dichas metrópolis se pueden agrupar en dos grupos, las que son de costa, Barcelona, Bilbao, Valencia y Málaga, y las que son de interior, Madrid, Sevilla y Zaragoza. Como se muestra en la Figura 40, a nivel poblacional, se distingue un primer grupo con una población superior a los 4 millones de habitantes, en donde se ubican las áreas de Madrid y Barcelona, en un segundo grado, estarían Valencia, Sevilla y Bilbao, con una población superior al millón de habitantes, y por último, las áreas metropolitanas de Málaga y Zaragoza, que se encontrarían con una población inferior al millón de habitantes. Se trata, por tanto, de los sistemas urbanos españoles con más entidad, por lo que a población y empleos se refiere.

Figura 40. Caracterización de las siete principales áreas metropolitanas de España



	Municipios	Sup_artificializada (m2)	Población (hab)	LTL	POR	RW	Autocontención POR/RW	Densidad global (LTL+POB/km2)
Barcelona	184	745	4.530.164	1.854.082	1.854.082	1.061.518	57%	8.570
Bilbao	122	112	1.228.138	430.056	430.056	202.596	47%	14.855
Madrid	183	860	5.542.843	2.328.709	2.328.709	1.457.232	63%	9.154
Málaga	32	194	994.984	340.105	340.105	272.838	80%	6.895
Sevilla	52	237	1.381.531	427.498	427.498	307.261	72%	7.633
Valencia	103	308	1.791.330	659.612	659.612	395.570	60%	7.962
Zaragoza	88	127	724.335	283.788	283.788	244.315	86%	7.924

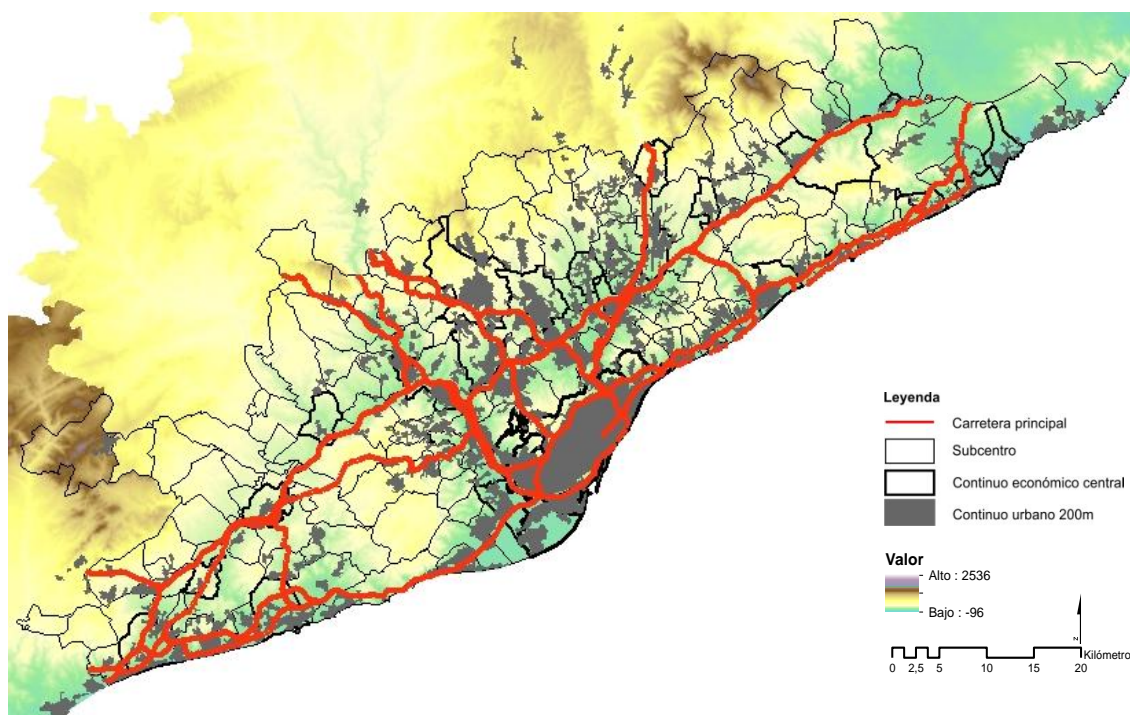
Fuente: elaboración propia con base el Corine Land Cover 2000 y el censo de población 2001

Siguiendo el criterio de delimitación explicitado, Madrid y Barcelona resultan muy similares en cuanto al número de municipios (183 y 184 respectivamente), si bien la primera supera a la segunda en superficie artificializada, empleo y población; muy por detrás se sitúa Valencia, que con 103 municipios, aúna una población de 1,8 millones de personas; le siguen Sevilla y Bilbao con 1,4 y 1,2 millones de personas respectivamente, y finalmente, Málaga y Zaragoza con casi 1 y 0,7 millones de personas cada una, como se detalla en la Figura 40. Estos sistemas en conjunto aúnan 764 municipios, con una superficie urbanizada de 2.582 km², distribuida en un territorio de 32.412 km², en la que habitaban, a fecha censal (2001), 16,2 millones de personas, de las cuales, 6,32 millones estaban ocupadas.

A continuación, se muestran y detallan los principales sistemas metropolitanos de España, la delimitación de los mismos, las vías de comunicación y los continuos artificializados. Así como la referencia respecto de la costa de cada una de las metrópolis que se están estudiando.

Área metropolitana de Barcelona

La Figura 41 representa el área metropolitana de Barcelona, que tiene una diversidad geográfica muy marcada, teniendo en cuenta el tamaño de su territorio. La geografía está condicionada por el litoral mediterráneo al este y las grandes unidades de relieve de Collserola al norte. Esta metrópolis, tal y como se ha delimitado, está compuesta por 184 municipios, pertenecientes a 3 provincias, Barcelona, Gerona y Tarragona. Presenta una extensión total de unos 3.760 Km² de superficie, de los cuales, 745 km² están urbanizados, convirtiéndose en una de las zonas más pobladas de Europa, con un total de 4.530.164 habitantes según el Censo de 2001. El sistema metropolitano de Barcelona está posicionado en una localización estratégica, ya que se sitúa en el centro del corredor del Mediterráneo, corredor que conecta España con el continente europeo. El litoral de la metrópolis se encuentra densamente construido, caracterizado por una urbanización mixta, de alta densidad en la primera línea de costa, y con una marcada dispersión tras ésta.

Figura 41. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Barcelona

Fuente: Elaboración propia a partir de DMT

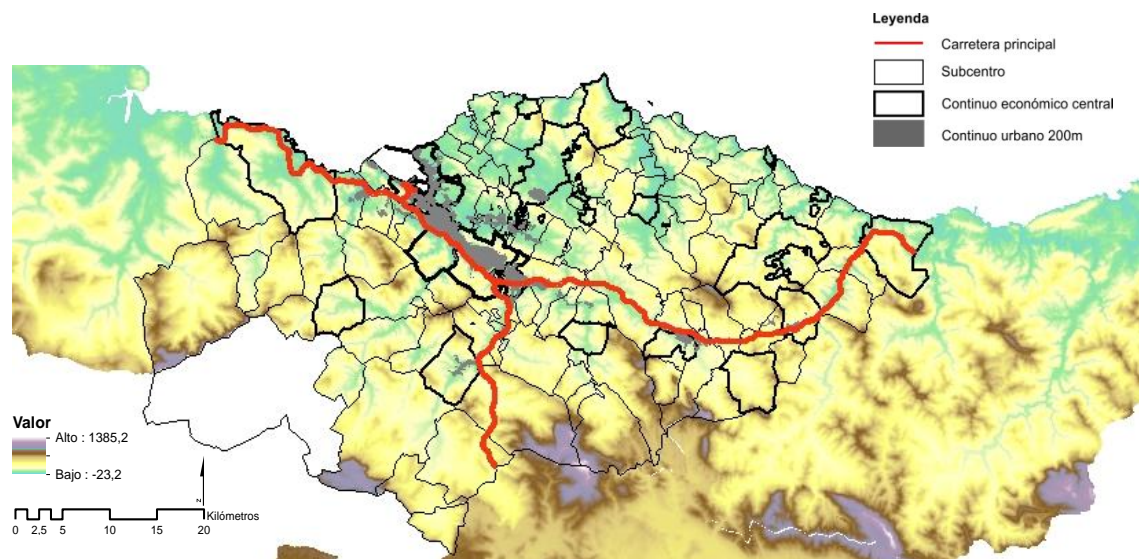
El sistema viario del área metropolitana de Barcelona se ha desarrollado según la propia lógica impuesta por la morfología del territorio, lo que responde a un esquema radial condicionado por las vías naturales de paso y de los dos valles fluviales del Besòs y del Llobregat. Las infraestructuras que están en continua evolución, son la respuesta a las necesidades de movilidad que ha sufrido la metrópolis debido al crecimiento y dispersión del suelo industrial y residencial.

El área metropolitana de Barcelona sigue representando la mayor metrópolis de carácter industrial de España. Inicialmente, la industria era fundamentalmente textil y metalúrgica, hecho que actualmente ha cambiado, puesto que este sector se encuentra más diversificado y detrás del sector servicios. Esta transformación económica ha originado que la localización de las diferentes esferas productivas evolucione, de tal manera, que la industria ha pasado a ocupar zonas más periféricas, mientras que el sector servicios ocupa localizaciones más centrales.

Área metropolitana de Bilbao

En la Figura 42 se detalla el área metropolitana de Bilbao, según la delimitación de los sistemas metropolitanos que hemos usado, está formada por 122 municipios que pertenecen a cuatro provincias, Álava, Cantabria, Guipúzcoa y Vizcaya. Tiene una extensión total de unos con 2.900 Km², de los cuales, 110 km² están urbanizados, con un total de 1.228.138 habitantes según el Censo de 2.001. Bilbao es una metrópolis que presenta una orografía acusada entorno a la gran ría de Nervión, a la par que tiene como límite norte el mar Cantábrico. Junto con el relieve está el carácter industrial, ambos hacen que las principales vías de comunicación, que discurren por los puntos en donde los accidentes geográficos son menos abruptos, sean básicas para la ubicación del empleo y la vivienda.

Figura 42. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Bilbao



Fuente: Elaboración propia a partir de DMT

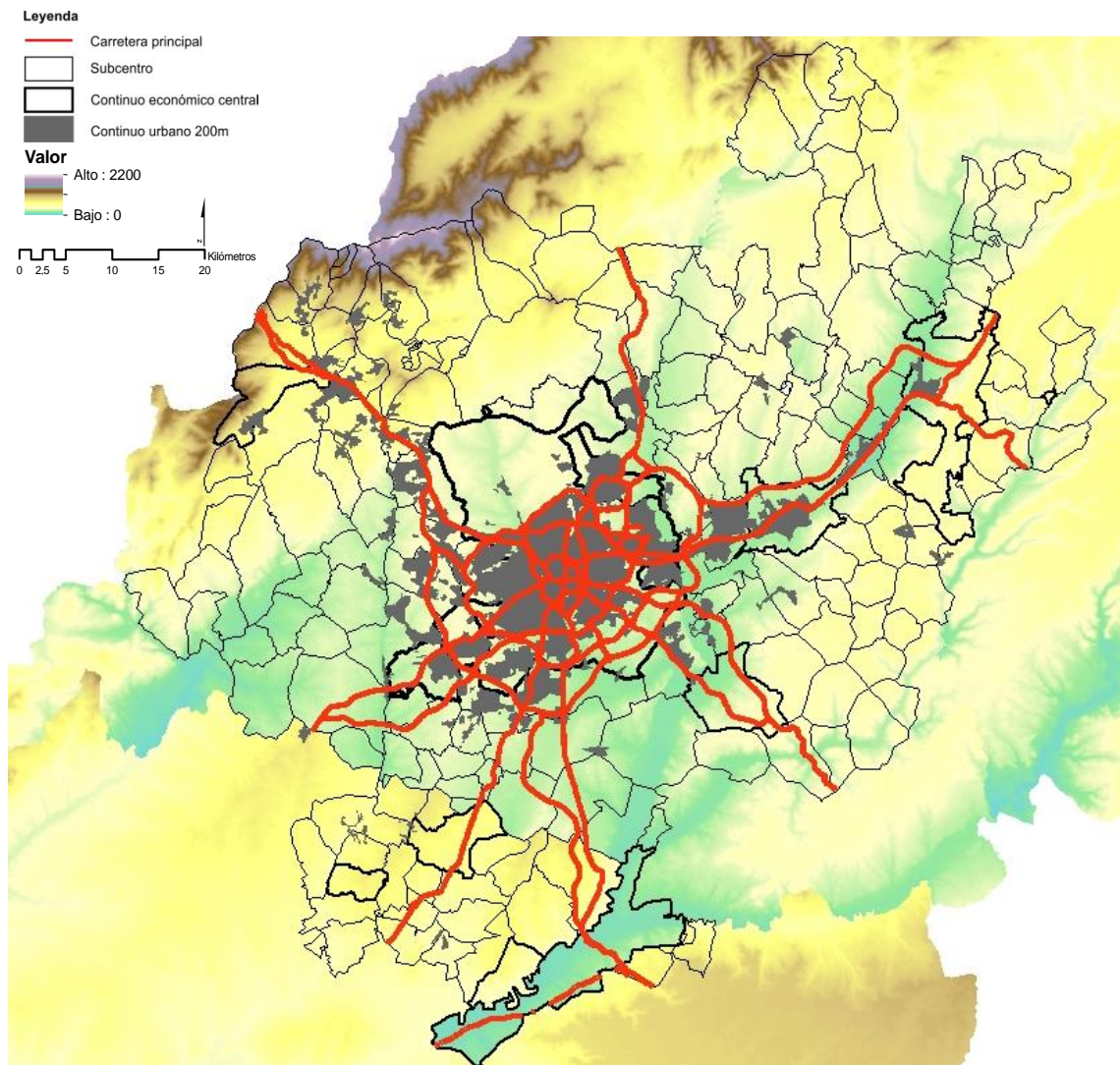
El suelo urbano de Bilbao, presenta una urbanización muy concentrada y densa, debido en primer lugar, al abrupto relieve, y en segundo lugar, a los límites que dibujan las vías de comunicación, ya que la accesibilidad al puesto de trabajo es importante en una zona donde su topografía reduce la movilidad y contribuye a la demanda de suelo próximo a estos centros.

A nivel sociodemográfico, la metrópolis de Bilbao, al igual que la barcelonesa, se caracteriza por su fuerte componente industrial, desarrollado a lo largo de la ría de Nervión, en donde se agruparon un gran número de industrias fundamentalmente dedicadas a la siderurgia, construcción naval, etc. Es a partir de los años 90 cuando va perdiendo peso y se sitúa tras el sector servicios.

Área metropolitana de Madrid

La Figura 43 muestra el área metropolitana de Madrid que se encuentra situada en el centro de la península Ibérica en torno a Madrid, la capital española. La delimitación que se ha llevado a cabo conforma un área compuesta por 183 municipios, los cuales pertenecen a las provincias de Guadalajara, Madrid y Toledo. Esta metrópolis, considerada una de las áreas metropolitanas más pobladas de España, con 5.542.843 habitantes, ocupa el tercer puesto dentro de la Unión Europea, por detrás de las de París y Londres. Tiene una extensión total de 7.500 km², de los cuales, urbanizados son unos 860 km².

Figura 43. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Madrid



Fuente: Elaboración propia a partir de DMT

La orografía general de la metrópolis es relativamente llana, con excepción de la Sierra Norte, que dada su posición con respecto a la capital, y su situación de límite, no ha supuesto un obstáculo en el crecimiento del sistema metropolitano madrileño.

El sistema viario es sustancialmente un sistema radial, cuyo centro es la ciudad principal, Madrid. Este esquema pivotante, fortalece aún más el carácter centralizador de esta metrópolis, ya que la dependencia centro- periferia es muy acusada. En respuesta a la alta demanda y congestión de los ejes orbitales, se optó por desdoblarlos y crear rondas de circunvalación, de este modo, y debido también al

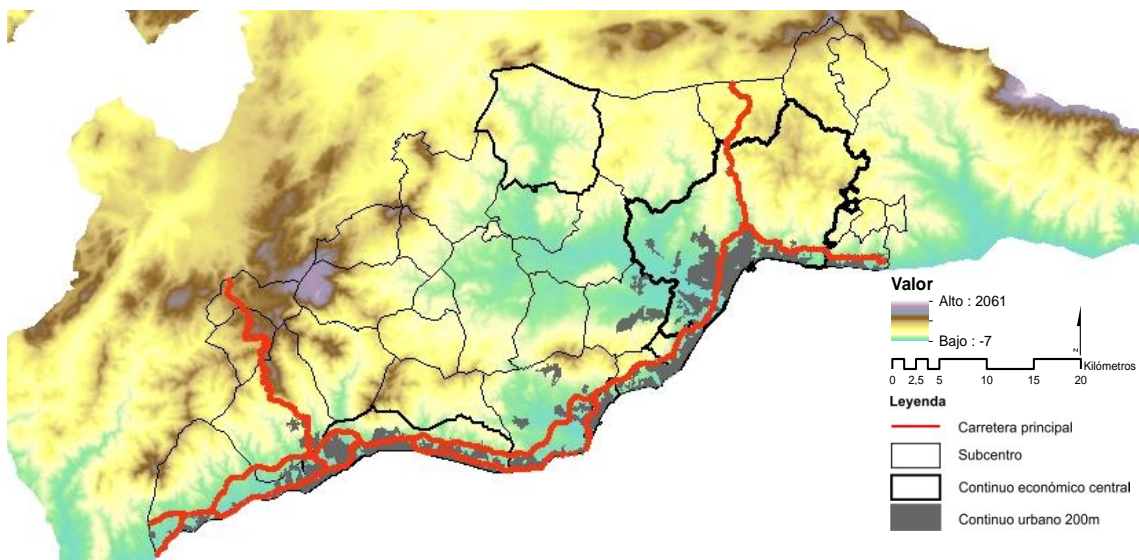
crecimiento por descentralización y dispersión, empiezan a cobrar más sentido los desplazamientos transversales.

A nivel sociodemográfico, el sistema urbano de Madrid se caracteriza por una economía especializada en los servicios.

Área metropolitana de Málaga

A continuación, la Figura 44 representa el área metropolitana de Málaga que se encuentra en la región de Andalucía y consta de 32 municipios, todos ellos pertenecientes a la provincia de Málaga. El relieve es acusadamente montañoso, con altitudes máximas en torno a los 2.000 msnm, siendo el principal río, el Guadalhorce, que recorre la provincia de norte a sur. La metrópolis se extiende a lo largo de unos 2.600 km², de los cuales, aproximadamente unos 200 km² se encuentran urbanizados. La población que recoge el Censo del 2001 es de unos 994.984 habitantes, que fundamentalmente se concentran en la franja costera. Al igual que el sistema metropolitano de Barcelona, esta área presenta un alto nivel de urbanización de la costa, debido al impulso que tuvo la construcción, y al elevado turismo de sol y playa que acoge.

Figura 44. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Málaga



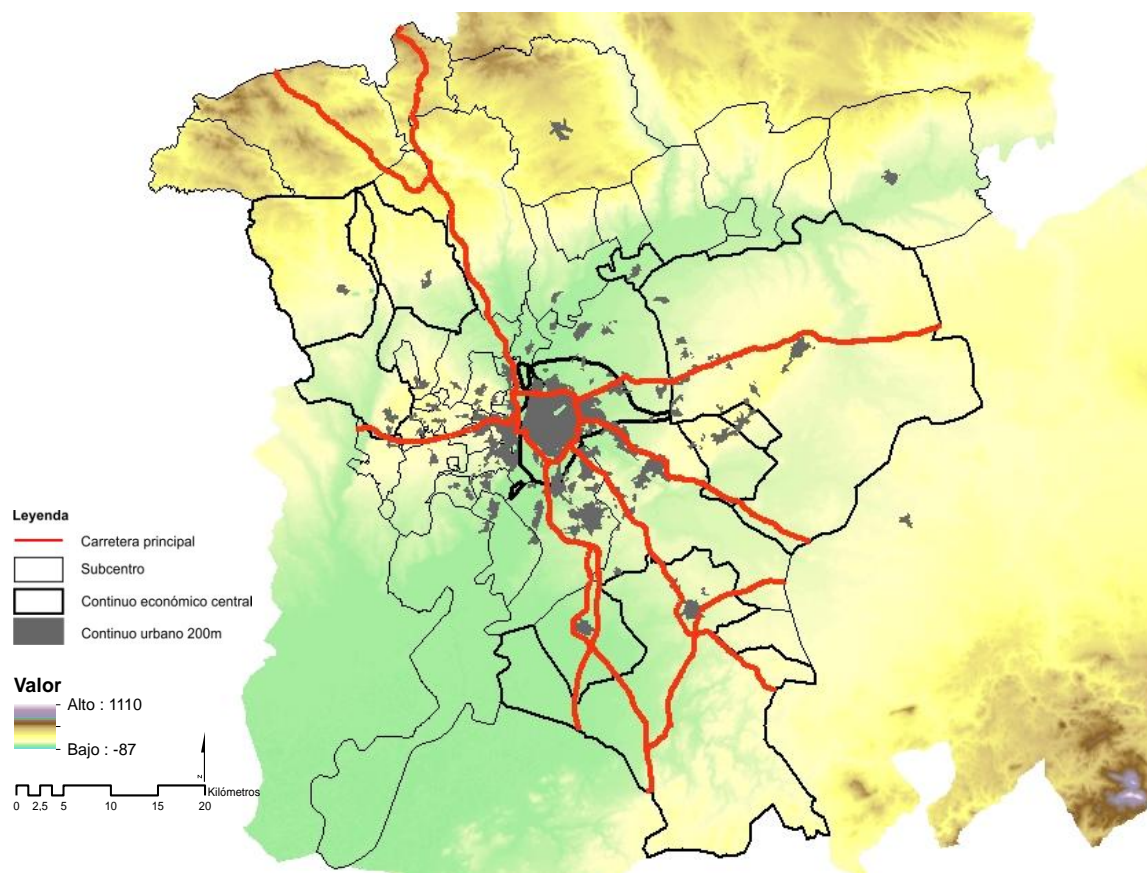
Fuente: Elaboración propia a partir de DMT

A nivel sociodemográfico, el sistema urbano malagueño representa un completo compendio de los diversos sectores, el residencial, industrial, comercial y de servicios. Cabe decir, que la localización de los diferentes usos del suelo está en pleno cambio, como consecuencia del proceso metropolitano que está sufriendo este área, de modo que la ciudad central está perdiendo peso demográfico y económico a favor de las centralidades y entornos más próximos.

Área metropolitana de Sevilla

El área metropolitana de Sevilla que se muestra en la Figura 45 está compuesta por 52 municipios según la metodología que se ha aplicado para la delimitación de los sistemas metropolitanos, conteniendo a la capital de la comunidad andaluza, Sevilla. Estos municipios pertenecen a la provincia de Sevilla y ocupan un total de unos 5.700 km² de superficie, de los cuales, urbanizados hay 237 km². Estos territorios se encuentran habitados a fecha del Censo de 2001 por unos 1.381.531 habitantes. El sistema urbano de Sevilla se encuentra en la cuarta posición en orden de tamaño de las áreas metropolitanas de España.

Figura 45. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Sevilla



Fuente: Elaboración propia a partir de DMT

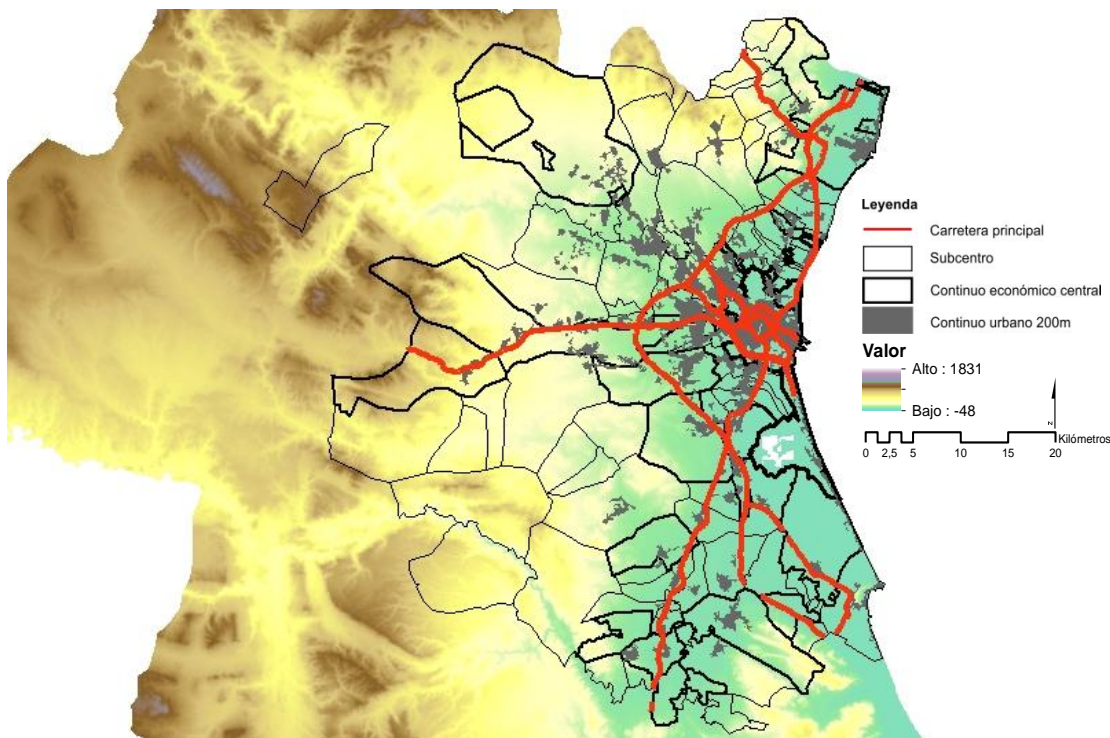
A nivel socioprofesional, la metrópolis sevillana es considerada como un gran centro turístico, económico, industrial y poblacional.

El sistema de transporte público sevillano presenta ciertos problemas. Uno de ellos, al igual que ocurre con la metrópolis madrileña, es que al responder el área metropolitana de Sevilla a una estructura radial, provoca que la mayoría de los desplazamientos tengan que pasar forzosamente por la capital andaluza, para poder viajar a municipios próximos.

Área metropolitana de Valencia

En la Figura 46 se muestra el área metropolitana de Valencia la cual se organiza en torno a la costa central de la comunidad de Valencia, siendo el centro de la misma, la capital de la comunidad valenciana, la ciudad de Valencia. Se encuentra integrada por 103 municipios que abarcan un total de 1.791.330 habitantes, distribuidos en una extensión de 3.000 km² de superficie y urbanizados unos 300 km². Dicha metrópolis se encuentra en tercer lugar en tamaño poblacional de España. El relieve valenciano es fundamentalmente plano, sin embargo, a parte del mar Mediterráneo, límite importante del sistema urbano, se encuentra con otros condicionantes geográficos que modifican los asentamientos urbanos. Por un lado está el río Turia, la Albufera de Valencia, y la llanura aluvial, ocupada por la Huerta histórica, que configuran el singular paisaje del sistema metropolitano valenciano. En conjunto, el suelo artificial de la metrópolis supone el 10% del total del territorio del área metropolitana, siendo el que más ha crecido en los últimos años, el suelo disperso frente al compacto, además, la dirección de crecimiento ha sido el eje de conexión con la ciudad de Madrid.

Figura 46. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Valencia



Fuente: Elaboración propia a partir de DMT

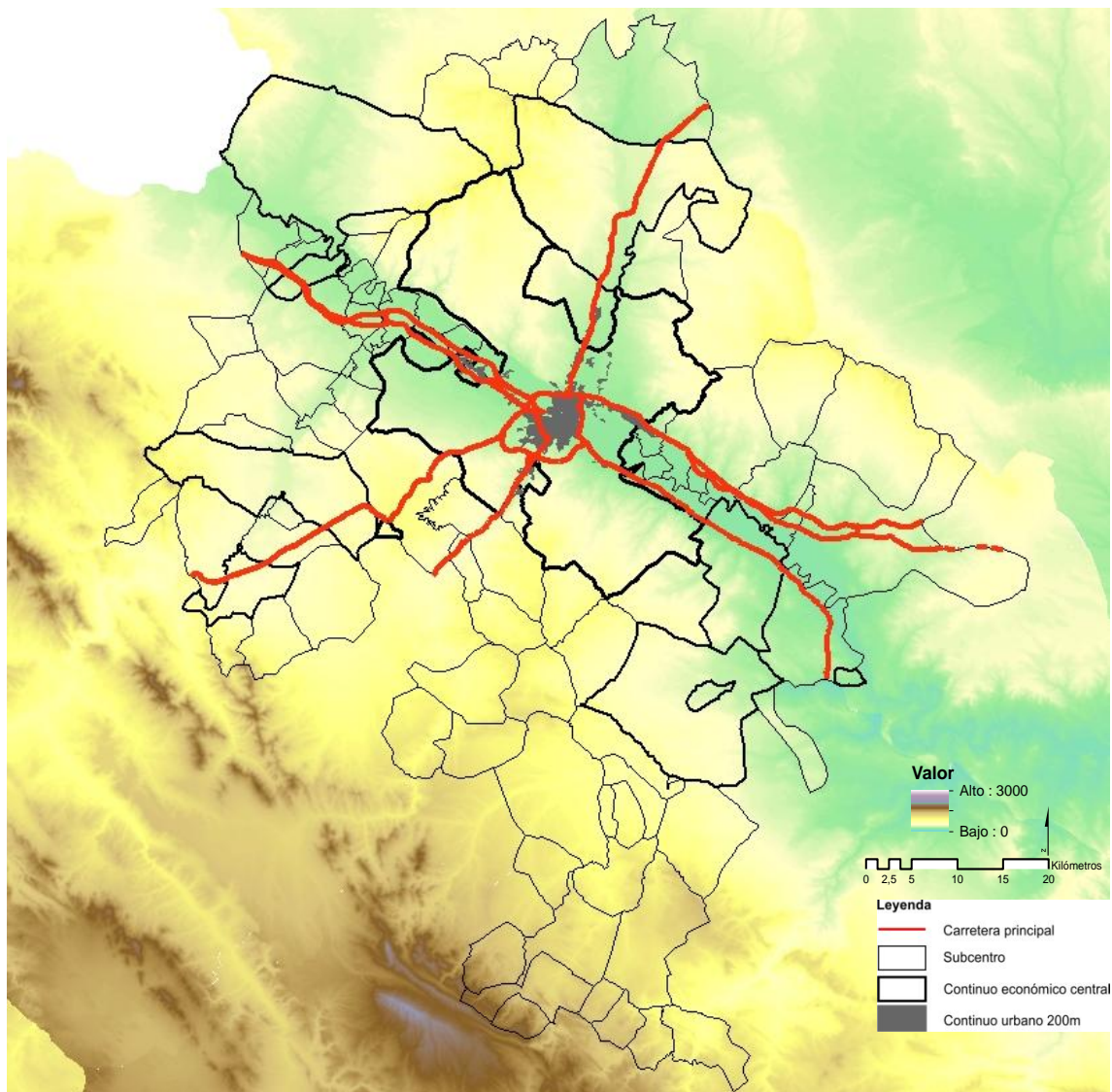
Las vías de comunicación del área metropolitana de Valencia, responden a una estructura básica territorial, como consecuencia de la combinación de dos modelos, el radial (con el centro en Valencia y su área metropolitana) y el axial (norte-sur, por el sector litoral).

El sistema metropolitano valenciano, en menor medida pero similar al barcelonés, se encuentra dentro del corredor del Mediterráneo, lo que le dota de ciertas características a nivel de infraestructuras, ya que forma parte de la conexión de España con el continente europeo.

Área metropolitana de Zaragoza

Y por último, la Figura 47 muestra el sistema metropolitano de Zaragoza que está formado por 88 municipios, los cuales pertenecen a varias provincias, para ser precisos, a las tres regiones de la comunidad aragonesa, Huesca, Teruel y Zaragoza. A nivel de agrupación del número de habitantes, el sistema urbano de Zaragoza es de las metrópolis que se analizan, la más escasa, ocupando el quinto puesto en términos poblacionales a nivel nacional según el Censo de 2001, con unos 724.335 habitantes. Zaragoza es la capital de la Comunidad Autónoma de Aragón y acoge al 50% de su población. La extensión territorial de los municipios es de casi 7.000 km² de superficie, siendo sólo 127 km² los que se encuentran urbanizados. El relieve zaragozano es inminentemente llano, y se encuentra estructurado por tres ríos, en la parte norte, se encontraría el río Gállego, en la parte sur el río Huerva y las zonas este y oeste, se encuentran atravesadas por el imponente río Ebro.

Figura 47. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Zaragoza



Fuente: Elaboración propia a partir de DMT

La estructura viaria del área metropolitana de Zaragoza responde a un esquema radial, más cuatro cinturones que evitan el paso forzoso por el centro de la ciudad como ocurría con las metrópolis de Sevilla o Madrid. La situación geográfica es privilegiada, ya que se encuentra ubicada en las vías más importantes de comunicación entre Madrid-Barcelona y Valencia-Bilbao.

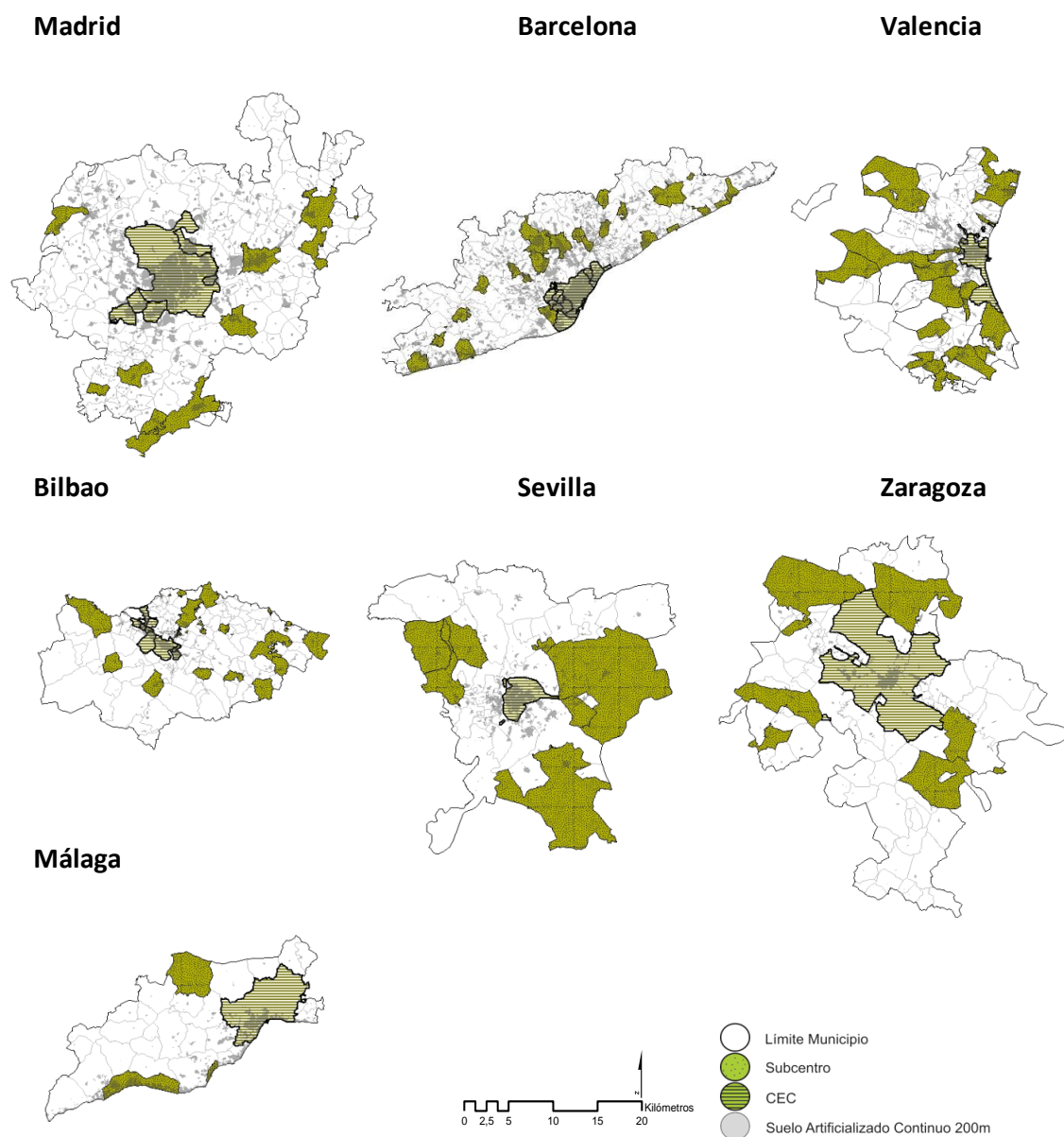
A nivel sociodemográfico, la metrópolis zaragozana es considerada como centro funcional de comercio, industria, servicios y administración para la región. A parte de tener el mayor centro logístico terrestre de Europa.

6.1.2. Identificación de estructuras urbanas- Ámbito de estudio II

A continuación, se procede a caracterizar la composición de cada área metropolitana, es decir, el número de núcleos, su importancia relativa como concentraciones demográficas o económicas, y su distribución espacial (Marmolejo *et al.*, 2015a).

En términos de clasificación de la estructura urbana, los subcentros considerados en este artículo son aquéllos detectados a partir del análisis de las relaciones funcionales basadas en la movilidad residencia- trabajo del Censo del año 2001. Los municipios que se han identificado como subcentros de cada sistema metropolitano se presentan en la Tabla 1 del apartado de Anexo I y se muestran en la Figura 48.

Figura 48. Subcentros de empleo de las principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

Clasificación de los núcleos

Las centralidades identificadas se clasifican en cuatro categorías correspondientes con diferentes entornos urbanos.

- Continuo económico central (CEC)

En la Figura 49 se muestran los límites de los sistemas urbanos y su distribución espacial a lo largo de los continuos económicos centrales.

Figura 49. Límites de los sistemas urbanos y distribución espacial de los continuos económicos centrales de las principales metrópolis españolas



Fuente: elaboración propia

Los municipios que conforman el continuo económico central de cada sistema metropolitano se presentan en la Tabla 2 del apartado de Anexo I.

- Subcentros

Como se ha explicado en el capítulo V de la metodología, Muñiz *et al.* (2008) han señalado que la influencia de centralidades en la densidad urbana podría ser diferente para los subcentros descentralizados (es decir, subcentros formados por la descentralización del CDB original), e integrados (los antiguos centros independientes unidos por la ampliación de los mercados de trabajo), ya que estos últimos necesitan tiempo para ejercer una influencia sobre las densidades.

Marmolejo y Tornés (2015b), basados en la antigüedad del parque residencial edificado (analizado a partir de datos censales), clasifican mediante un análisis factorial y clúster a los subcentros en maduros y emergentes.

- Subcentros maduros

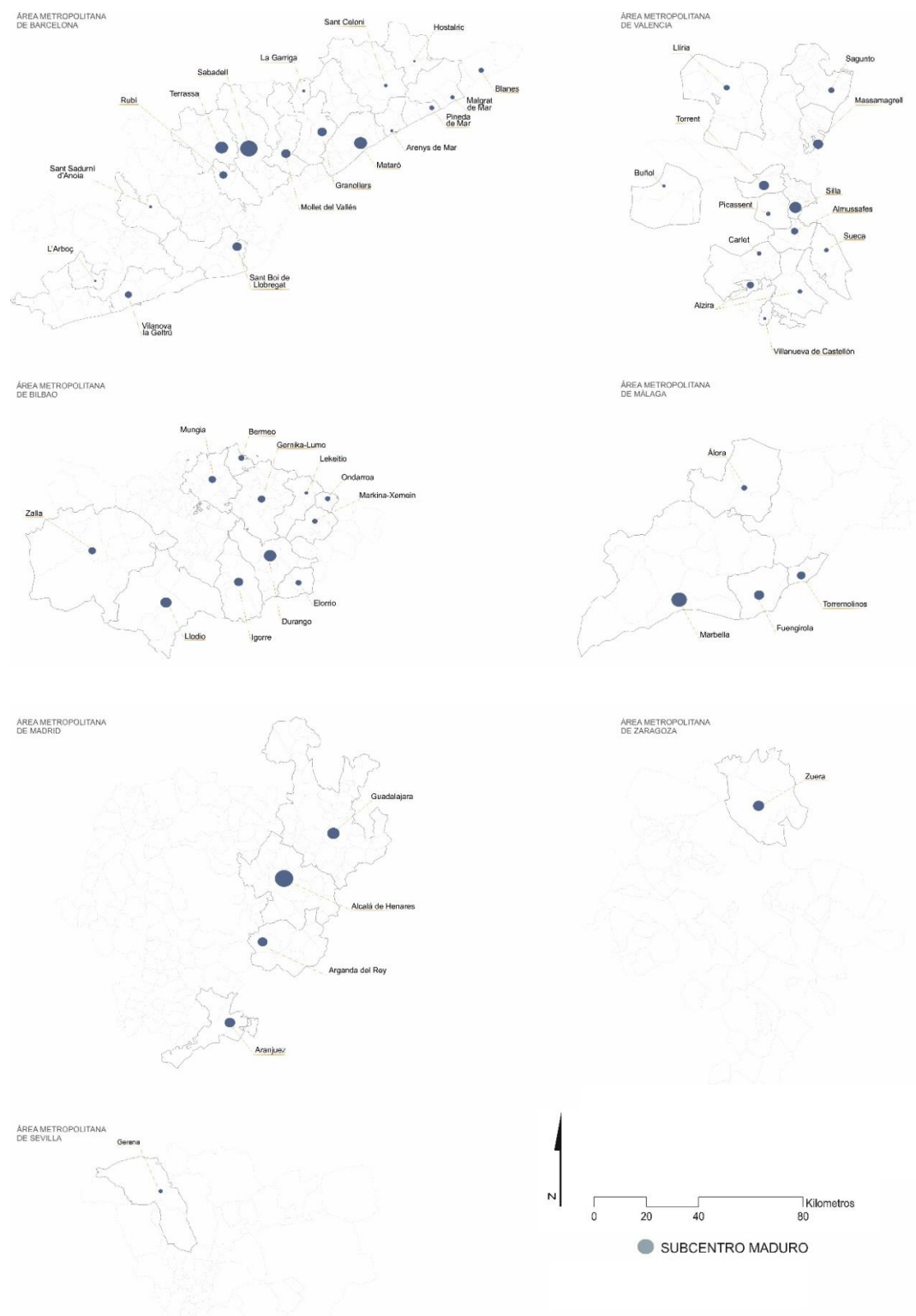
Se definen subcentros maduros o integrados a aquellos nodos *“provenientes de la integración de centros antiguamente independientes con una mayor diversificación de su base económica, fijación de su población y con más servicios”* (Marmolejo y Tornés, 2015b, p. 8).

Así, como se muestra en la Tabla 3 de los Anexos, en el conjunto de subcentros de cada sistema metropolitano, son maduros, en Barcelona un 74%, en Bilbao un 79%, en Madrid un 50%, en Sevilla un 14%, en Valencia un 76%, en Zaragoza un 14% y todos en Málaga.

Hay que destacar que *“la antigüedad del parque edificado no es el mejor de los indicadores, puesto que las dinámicas de crecimiento urbano producen procesos de regeneración urbana; sin embargo, ante la ausencia de una mejor información se ha asumido el posible error”*. (Marmolejo y Tornés, 2015b, p.15)

A continuación, en la Figura 50, se representan los subcentros maduros de las principales áreas metropolitanas.

Figura 50. Subcentros integrados (maduros) de las principales áreas metropolitanas españolas según Marmolejo y Tornés (2015b)



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 del apartado de Anexo I, se desglosan los subcentros integrados a nivel metropolitano de los principales sistemas urbanos estudiados.

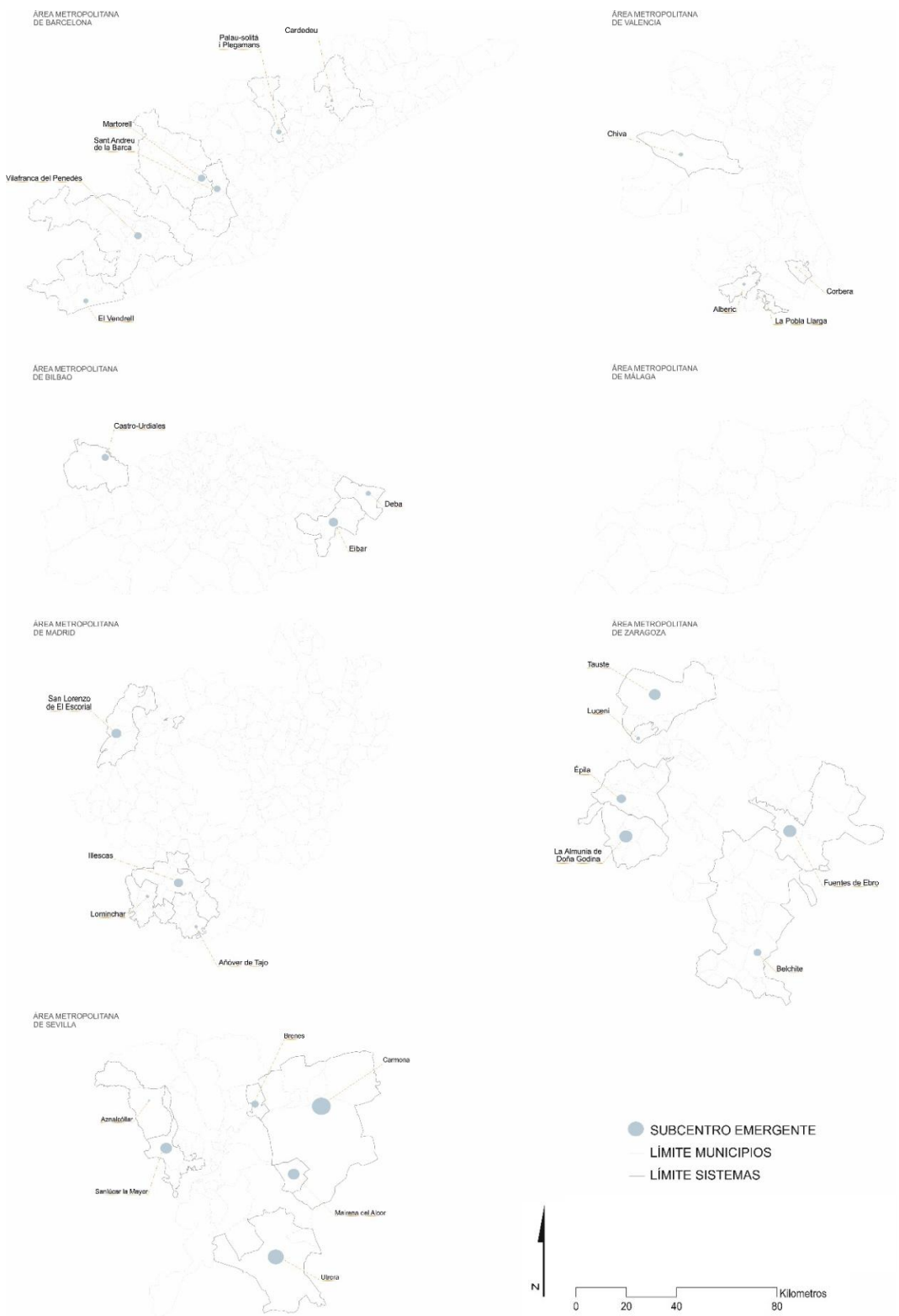
- Subcentros emergentes

Como subcentros emergentes o descentralizados se entienden los centros que *“proviene de desarrollos recientes de nueva planta, producidos por crecimientos de descentralización, ubicados en zonas que difícilmente pueden proveer trabajadores suficientes o suficientemente cualificados, y que por ende, impiden la vinculación local entre la población ocupada y los empleos localizados”*. (Marmolejo y Tornés, 2015b, p.8)

De este modo, en la Tabla 4 del apartado de Anexo I, se muestra que los subcentros emergentes de los sistemas metropolitanos son en Barcelona un 26%, en Bilbao un 21%, en Madrid un 50%, en Sevilla un 86%, en Valencia un 24%, en Zaragoza un 86% y ninguno en Málaga.

A continuación, en la Figura 51, se representan los subcentros emergentes de las principales áreas metropolitanas.

Figura 51. Subcentros descentralizados (emergentes) de las principales áreas metropolitanas españolas según Marmolejo y Tornés (2015b)



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 del apartado de Anexo I, se desglosan los subcentros descentralizados a nivel metropolitano de los principales sistemas urbanos estudiados.

Seguidamente, una vez identificados los elementos constituyentes de nuestras metrópolis, y clasificados en los diferentes entornos territoriales, se procede a analizar la distribución del empleo y de la población en los mismos, tal y como se extrae de los resultados presentados en Marmolejo *et al.* (2012b) en relación a la estructura urbana de las principales metrópolis españolas que se pueden observar en la Tabla 10.

Tabla 10. Estructura urbana de las principales metrópolis españolas

Metrópolis	LTL 00	% LTL CEC	Nº Subcentros	% LTL Subcentros	% Población Subcentros
Barcelona	1.904	55%	24	22%	22%
Valencia	689	47%	18	20%	19%
Bilbao	438	56%	15	15%	15%
Madrid	2.446	72%	9	5%	6%
Sevilla	448	63%	8	7%	9%
Zaragoza	302	81%	8	4%	4%
Málaga	367	52%	5	23%	16%

LTL= lugares de trabajo localizado en miles de personas

Fuente: elaboración propia en base a Marmolejo *et al.* (2012b)

En la Tabla 10 de arriba se muestra con gran claridad que destacan tres grupos de áreas metropolitanas.

El primer grupo sería el formado por Barcelona, Valencia y Bilbao, las metrópolis más polinucleadas (mayor número de subcentros). En primer lugar, se encuentra Barcelona, con sus 24 subcentros que acaparan un 22% del empleo y de la población metropolitana. En segundo lugar, le sigue Valencia, con 18 subcentros, que acaparan respectivamente un 20% y un 19% del empleo y de la población. A continuación, Bilbao se presenta como la tercera metrópoli con 15 núcleos más allá del continuo económico central.

En el extremo contrario, está el grupo de metrópolis formado por Madrid, Sevilla y Zaragoza, caracterizadas por presentar un mayor nivel de monocentrismo (el

porcentaje de empleo en el continuo económico central, CEC, es elevado) y a la vez, tienen un menor nivel de polinucleación (el porcentaje de empleo en los subcentros es menos importante en comparación con el CEC). La metrópoli de Madrid, dentro de este grupo, es el sistema urbano con mayores cifras de población y empleo, se identifican 9 subcentros, en los que la proporción de residencia y empleo es relativamente baja; sin embargo, es el área metropolitana de Zaragoza la que presenta menos concentración de empleo y población en sus 8 subcentros.

Por último, de modo aislado aparece el tercer grupo, compuesto tan sólo por la metrópolis malagueña. Este caso es excepcional debido al comportamiento de sus 5 subcentros, el número más escaso de todo el sistema metropolitano español, que concentran un 22% de empleo, concentración muy significativa ya que es casi la misma proporción que concentran los subcentros barceloneses.

En general, se puede decir que los centros metropolitanos acaparan un 62% del empleo, mientras que los subcentros, un 13%, por tanto, las centralidades (centros + subcentros) detectadas, son el destino de la inmensa mayoría de los flujos estudiados.

6.2. Resultados de la caracterización del concepto general de policentrismo

En este apartado, tal y como se explicó en el capítulo V de la metodología, el concepto general de policentrismo queda definido mediante dos enfoques, primero, desde uno morfológico (polinucleación), y segundo, desde un punto de vista funcional (policentricidad).

Seguidamente, se desarrollan las características presentes en las siete áreas metropolitanas dentro de cada perspectiva.

6.2.1. Nivel de polinucleación

En este apartado, se exponen los resultados del análisis meramente formal de los principales sistemas urbanos, a pesar de que se han utilizado criterios de delimitación funcional del VI.

El nivel de polinucleación se ha estudiado en función de tres dimensiones: la concentración de empleo en el continuo económico central (CEC); el número de subcentros; y el porcentaje de empleo en los subcentros.

La polinucleación puede analizarse en función de la importancia relativa que tiene el peso del CEC. Este punto es interesante, ya que en los modelos monocéntricos, gran parte del empleo se ubica en el centro, estando los subcentros escasos en número, en un segundo plano. Bajo este criterio de estudio, y como se ha detallado en la caracterización de la estructura urbana en el apartado 6.1.2., en la Tabla 9, se muestran los porcentajes de LTL en el CEC de los sistemas metropolitanos que se han estudiado y que quedan ordenados del siguiente modo. En primer lugar, y como metrópolis más macrocefálica se presentaría Zaragoza, seguida de Madrid y Sevilla; y a continuación, aparecen las metrópolis que tienen un centro con menos peso en relación al resto del sistema metropolitano, éstas son Bilbao, Barcelona, Málaga y Valencia.

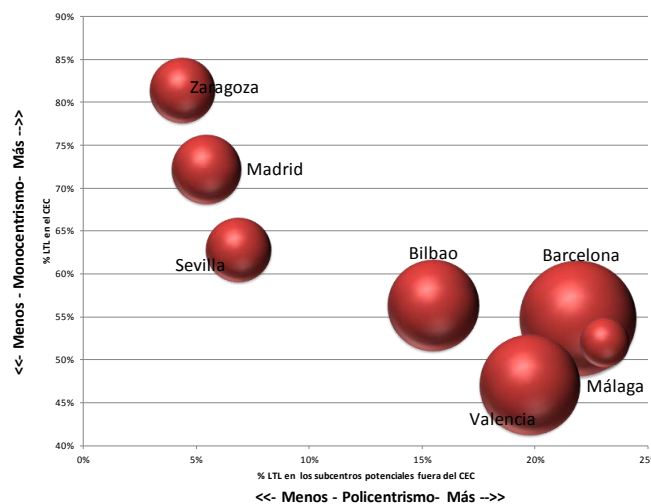
Otro enfoque desde el que también se puede analizar la polinucleación, es según el número de núcleos y su importancia relativa en términos de concentración del empleo metropolitano. Siguiendo el criterio funcional de identificación de subcentros, en la

Tabla 9 se muestran los sistemas metropolitanos más polinucleados. En primer lugar, se encuentran los de Barcelona, Valencia y Bilbao, seguidos de lejos por Madrid, Sevilla y Zaragoza. Málaga vuelve a destacar, ya que es un área metropolitana atípica, a pesar de tener pocos núcleos, en ellos se concentra un alto porcentaje de empleo. De todo esto, se concluye que el sistema urbano malagueño tendería hacia una equipotencialidad, debido a la presencia de importantes núcleos de uso terciario (Marbella) y servoiindustriales (Torremolinos o Fuengirola), que son tanto o más importantes que el municipio central de Málaga.

La Tabla 9 también muestra dos marcadas tendencias, por un lado, están las metrópolis en las que el centro tiene una mayor importancia en detrimento del número y peso específico de los subcentros, Zaragoza (4% LTL en subcentros), Madrid (5%) y Sevilla (7%), y por otro lado, aparecen las metrópolis que responden de manera contraria a las anteriores, ya que el centro tiene una menor importancia frente a un mayor número de núcleos y peso económico de los mismos, éstas son Barcelona (21% LTL en subcentros), Valencia (19%), Bilbao (15%) y Málaga (25%). Con todo y con ello, no puede decirse que la polinucleación sea perfecta o equipotencial.

A continuación, en la Figura 52 se han representado los principales sistemas metropolitanos españoles en un plano cartesiano bajo los dos criterios desde los que se puede leer la estructura urbana.

Figura 52. Nivel de Polinucleación de los sistemas urbanos en España 2001



El tamaño de la esfera es significativo del número de subcentros

Fuente: elaboración propia en base a Marmolejo *et al.* (2003)

Una vez analizadas las tres dimensiones de la polinucleación (la concentración de empleo en el continuo económico central (CEC); el porcentaje de empleo en los subcentros; y el número de subcentros), aún no dejan ver con exactitud las diferencias del nivel de polinucleación entre los distintos casos que se han estudiado. Por ejemplo, la metrópolis barcelonesa tiene más subcentros, y estos presentan mayores tasas de empleo en comparación con el área metropolitana de Valencia. Sin embargo, para el caso de Valencia, se observa que la concentración de población y empleo en el CEC es menor que en el CEC de Barcelona, por tanto no queda claro cuál de las dos metrópolis es más policéntrica.

Cabe destacar, que el tamaño del sistema metropolitano no guarda ninguna relación con el número de subcentros, de hecho, en las principales metrópolis Madrid y Barcelona, a pesar de tener una población y número de municipios similares, el número de subcentros es muy dispar, ya que Barcelona tiene 24 subcentros y Madrid tan sólo 9. Este mismo ejemplo también ocurre con los sistemas metropolitanos de Málaga y Zaragoza. Sin embargo, lo que sí parece que influya en la polinucleación es la orografía del territorio donde se ubican las áreas metropolitanas. Claros ejemplos de ello son Bilbao o Barcelona, ya que es a lo largo de las cuencas hídricas y valles, en donde se ubican sus núcleos.

Por esta razón, y basándome en los análisis elaborados por los autores (Marmolejo *et al.*, 2012b), he construido un indicador de polinucleación que, sin perder información, sintetiza las variables anteriores. Dicho indicador es el coeficiente de entropía de Shannon, cuanto mayor es éste, significa que la distribución del empleo entre los diferentes núcleos (CEC y subcentros), es más homogénea y, además, cuanto mayor es el número de núcleos, más grande es el valor del indicador y, por tanto, el nivel de la polinucleación. De este modo, se puede decir, que se trata, por tanto, de un indicador que tiene en cuenta sólo la morfología de la estructura urbana, ya que entran en consideración estos tres elementos: el tamaño, el número y la equipotencialidad de los subcentros.

Tabla 9. Indicador de Polinucleación

Metrópolis	Entropía de la distribución de LTL en subcentros
Barcelona	0,83
Valencia	0,77
Bilbao	0,50
Málaga	0,50
Sevilla	0,25
Madrid	0,21
Zaragoza	0,14

Fuente: Elaboración propia

Analizando la Tabla 11, se observa que el indicador de polinucleación representado en función de la distribución del empleo en los subcentros según la entropía de Shannon del área metropolitana de Barcelona es el que presenta una mayor equipotencialidad dentro de las demás metrópolis españolas, seguido muy de cerca por el sistema valenciano. A continuación, aparecen Bilbao y Málaga con una distribución equivalente. Y por último, nos encontramos con las áreas metropolitanas de Sevilla, Madrid y Zaragoza. De estos tres sistemas, el de Madrid llama poderosamente la atención, pese a que en términos de población, actividad económica y suelo urbanizado, es el más grande, es el que presenta una estructura más monocéntrica y simple, junto con el área metropolitana más pequeña, Zaragoza.

“De esta manera, las dos principales metrópolis españolas se sitúan en polos opuestos por lo que a su estructura se refiere, siendo Barcelona la más policéntrica y Madrid una de las más monocéntricas”. (Marmolejo, 2011, p.6)

De lo anterior se observa que la equipotencialidad presente en los distintos sistemas metropolitanos españoles, aún está muy lejos de ser conseguida, debido a que las metrópolis tienen un marcado carácter monocéntrico.

En definitiva, se entiende el concepto general de polinucleación como un acontecimiento que, tal y como lo explica Champion (2001), se debe a la integración de centros que ya existían con anterioridad, y no a la aparición de nuevos centros, a

pesar de que se han identificado diversos subcentros emergentes en el análisis que se ha llevado a cabo en el apartado anterior.

6.2.2. Nivel de policentricidad

Hasta este momento, la estructura urbana se ha analizado bajo el punto de vista meramente formal. Como se ha citado antes, la policentricidad analiza la estructura urbana desde el punto de vista funcional, es decir, desde las relaciones que se establecen entre los diferentes nodos y su entorno dentro de un sistema urbano.

Para establecer unos criterios comparativos entre los diferentes sistemas metropolitanos, se ha calculado el índice de policentricidad, general y específico, mediante la utilización del indicador de policentricidad funcional de Green (2007), aplicándolo a todos los flujos de los *commuters*, es decir, a los flujos de entrada y salida.

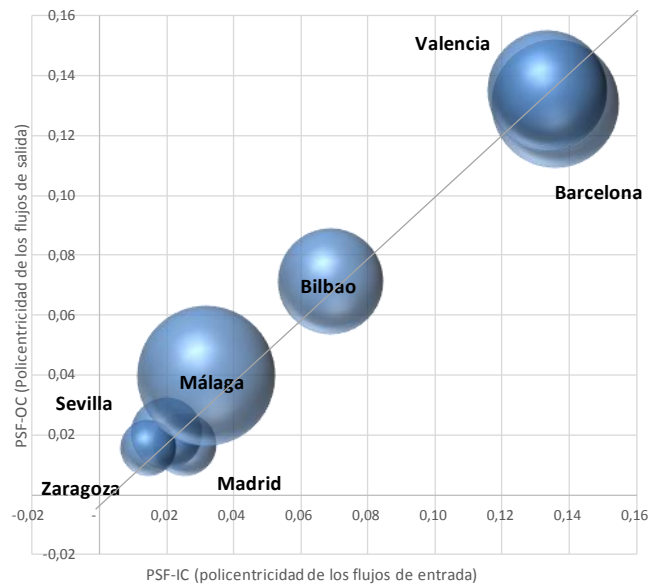
Como nota aclaratoria, es importante decir, que el indicador de Green se ha calculado para cada subsistema, esto es, se han controlado los desplazamientos laborales de entrada y salida dentro del subsistema, siendo la unidad de análisis el municipio. El objetivo final, es el de evaluar los factores urbanísticos y territoriales de las relaciones funcionales entre los municipios.

Anteriormente, en el capítulo V de la metodología, ya se ha explicado la formulación matemática necesaria para desarrollar el indicador de policentricidad funcional expuesto por Green (2007), el cual puede tomar valores que van desde el 0 hasta el 1. Por un lado, cuando adopta el máximo valor, 1, estaríamos hablando de un sistema urbano policéntrico funcionalmente, y por tanto sería una metrópolis en la que todas sus partes se encontrarían en equilibrio, es decir, no existirían zonas más atractivas a los desplazamientos laborales, ni zonas que no atrajesen a ningún flujo de *commuters*. Por otro lado, cuando el índice toma el mínimo valor, 0, muestra un sistema metropolitano prácticamente caracterizado por un monocentrismo funcional, lo que quiere decir, que dicha área metropolitana presenta un centro laboral que atrae fuertemente todos los *commuting* (Marmolejo *et al.*, 2015a).

A continuación, cabe aclarar que como se está hablando en todo momento de flujos entre diferentes zonas del sistema urbano, estos se dividen a su vez en flujos de

entrada (*in-commuting*) y en flujos de salida (*out-commuting*). De este modo, se calculan los índices de Green desdoblados, de manera específica para cada tipo de flujo, teniendo en cuenta por un lado el índice de policentricidad específico de flujos de entrada y por otro, el índice de policentricidad específico de flujos de salida.

Figura 53. Nivel de policentricidad de los sistemas urbanos en España



Nota: El tamaño de las esferas es representativo del % de LTL en los subcentros

Metrópolis	Subcentros	Autocontención	% LTL Subcnetros	PSF-IC (entrada)	PSF-OC (salida)	PGF
Barcelona	24	78%	21%	0,14	0,13	0,13
Valencia	18	75%	19%	0,13	0,13	0,13
Bilbao	15	87%	15%	0,07	0,07	0,07
Málaga	5	89%	25%	0,03	0,04	0,03
Zaragoza	8	97%	4%	0,01	0,02	0,01
Sevilla	8	95%	7%	0,02	0,02	0,02
Madrid	9	94%	5%	0,03	0,02	0,02

Fuente: elaboración propia

En la Figura 53, se observan diversos resultados tras aplicar los indicadores de policentricidad tanto a nivel general, como específicos para la entrada y la salida de

trabajadores, a todos los subsistemas de las siete principales áreas metropolitanas españolas¹⁰.

Si se analiza el campo del indicador de la policentricidad general funcional (P_{GF}), se aprecia que existen tres grupos notablemente diferenciados. El primero, sería el formado por las áreas metropolitanas con mayor policentricidad funcional, es decir, con subsistemas más equipotenciales, entre ellas estarían Barcelona y Valencia. El segundo grupo, el intermedio, estaría formado tan sólo por el sistema urbano de Bilbao. Y como tercer y último grupo, están las metrópolis más monocéntricas, en el sentido de que el subsistema central es el que acapara más flujos de entrada y salida. En este grupo están Málaga, Zaragoza, Sevilla y Madrid. Hay que destacar que Málaga vuelve a ser una excepción, al igual que ocurría cuando se analizaba el índice de polinucleación, debido a que a pesar de presentar una estructura polinucleada (5 subcentros), la intervenculación laboral entre sus subsistemas está lejos de estar equilibrada.

Cuando se examinan los campos de los indicadores de la policentricidad específicos para las entradas y las salidas, se observa que las áreas metropolitanas más grandes en tamaño (a excepción de Madrid), son las que tienen una policentricidad en los flujos de entrada mayores, es decir, atraen a más trabajadores, debido quizás a que al tener subsistemas más grandes, pueden contener a más personas ocupadas.

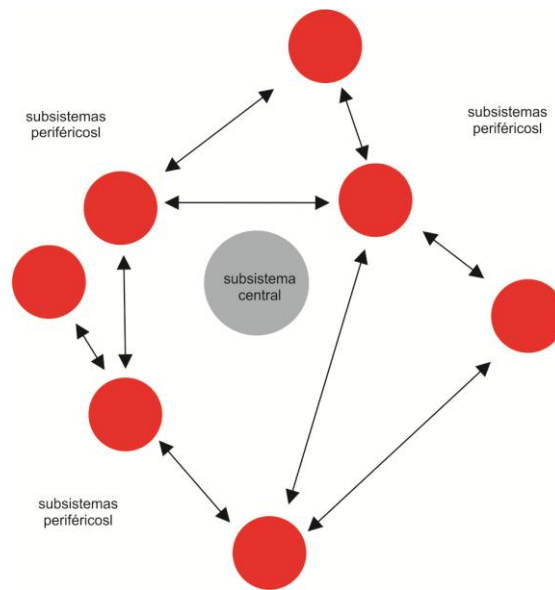
Finalmente, al analizar la relación existente entre la media del indicador de autocontención de los subsistemas de cada sistema metropolitano con el índice de policentricidad general, se corrobora que efectivamente, las áreas metropolitanas más autosuficientes, son en las que menos interacción entre subsistemas se produce, por lo que se traduce en que a mayor nivel de policentricidad general, mayor dependencia o intervenculación existe entre los subsistemas de la metrópolis.

¹⁰ De los 87 subsistemas que integran las siete áreas metropolitanas, sólo se han considerado 82, puesto que cinco denotan valores de Policentricidad general funcional extremos (Chiva, Fuengirola, Bilbao, Torremolinos y Madrid, en todos los casos, el P_{GF} se encuentra a más de dos desviaciones estándar de la media del conjunto).

A continuación, se analiza la importancia que tienen los subsistemas centrales en la construcción del indicador de policentricidad general. Y para ello, este índice también se va a desdoblar en dos componentes parciales.

- El indicador de policentricidad orbital (P_{GF} orbital), mide la vinculación funcional entre los subsistemas (subcentros), es decir, a nivel periférico, sin tener en cuenta la relación con el subsistema central (Figura 54).

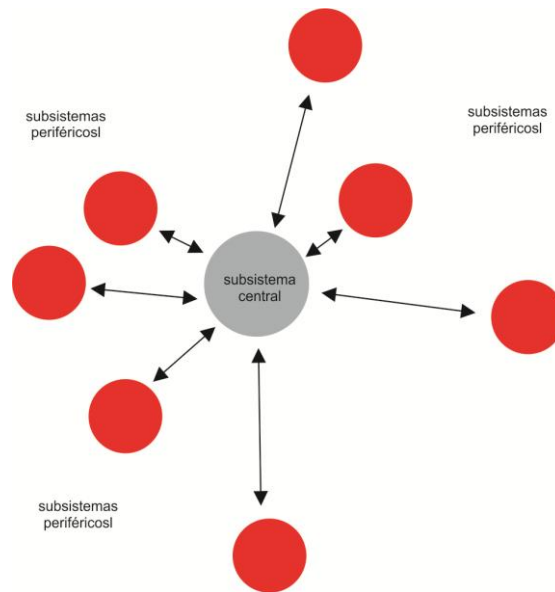
Figura 54. Indicador de policentricidad orbital (PGF orbital)



Fuente: Elaboración propia

- El indicador de policentricidad radiocéntrica (P_{GF} radiocéntrica), mide la vinculación funcional entre el subsistema central (centro) y los periféricos (subcentros), sin tener en cuenta la interacción entre los subsistemas periféricos (Figura 55).

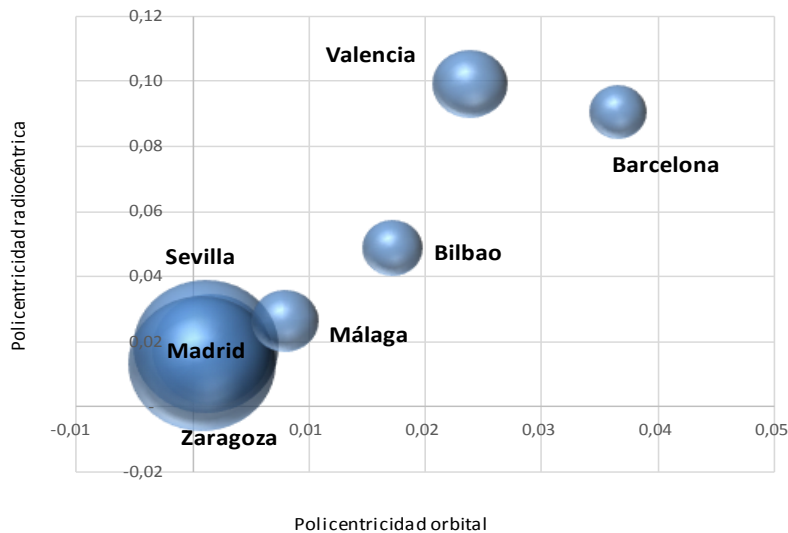
Figura 55. Indicador de policentricidad radiocéntrica (PGF radiocéntrica)



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se calculan los indicadores parciales de la policentricidad (orbital y radiocéntrico), se elabora la siguiente Figura 56 en donde los resultados obtenidos reflejan una serie de conclusiones acerca de la importancia del subsistema central dentro del sistema metropolitano. Por ejemplo, para el caso de Barcelona y de Valencia, que tienen estructuras urbanas similares, si observamos el indicador de policentricidad general, el valor que adoptan es el mismo (0,13). Sin embargo, si nos fijamos en los indicadores parciales, se aprecia que en Valencia, las relaciones con el centro (0,10) son mucho más fuertes que las relaciones orbitales (0,02) entre los subsistemas periféricos. En este sentido, Barcelona se muestra tan radical al analizar las policentricidades parciales, ya que el subsistema central presenta una menor interacción en comparación al resto (0,09), debido a que el centro es menos importante, observándose una mayor relación funcional entre los subsistemas periféricos (0,04) con respecto a los de Valencia.

Figura 56. Nivel de Policentricidad orbital y radiocéntrica



El tamaño de la esfera es significativo del cociente del eje x/y
cuanto más grande la esfera, más domina la policentricidad radiocéntrica en relación a la orbital

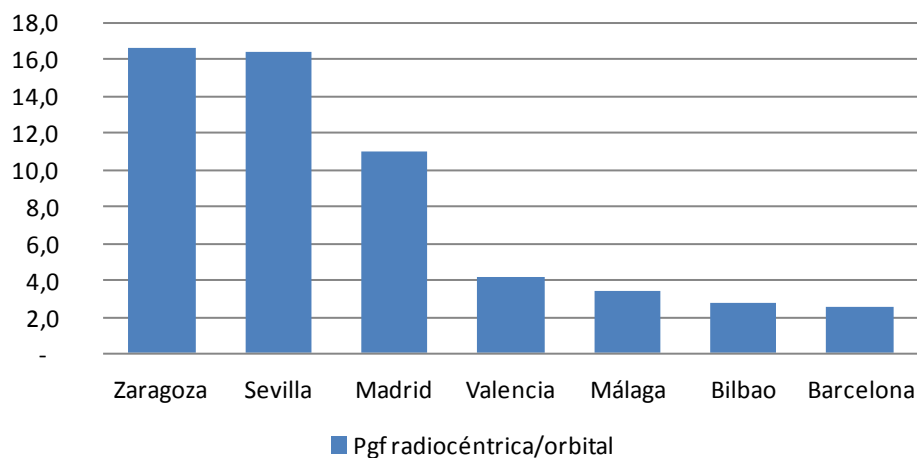
Metrópolis	PGF	PGF Orbital	PGF Radiocéntrico	PGF Radiocéntrico /Orbital
Zaragoza	0,01	0,00	0,01	16,6
Sevilla	0,02	0,00	0,02	16,4
Madrid	0,02	0,00	0,02	11
Valencia	0,13	0,02	0,10	4,2
Málaga	0,03	0,01	0,03	3,4
Bilbao	0,07	0,02	0,05	2,8
Barcelona	0,13	0,04	0,09	2,5

Fuente: elaboración propia

Para poder realizar un análisis comparativo entre las siete principales áreas metropolitanas, se elabora un *ratio* para analizar la importancia del subsistema central en relación con los periféricos, en el que se divide el indicador de policentricidad radiocéntrica entre el de policentricidad orbital (Figura 57). El resultado que se observa es que las metrópolis se distribuyen en tres zonas, por un lado, están los sistemas urbanos de Zaragoza, Sevilla y Madrid, seguidos de Valencia y Málaga, y por último, Bilbao y Barcelona. Esta distribución responde a que las metrópolis con menor número de subcentros, tienen una policentricidad radiocéntrica mayor, ya que el

subsistema central tiene una mayor importancia. Al contrario sucede con los sistemas metropolitanos más polinucleados, que su policentricidad radiocéntrica es menor, debido a que el subsistema central no presenta tanta importancia como en las áreas macrocefálicas.

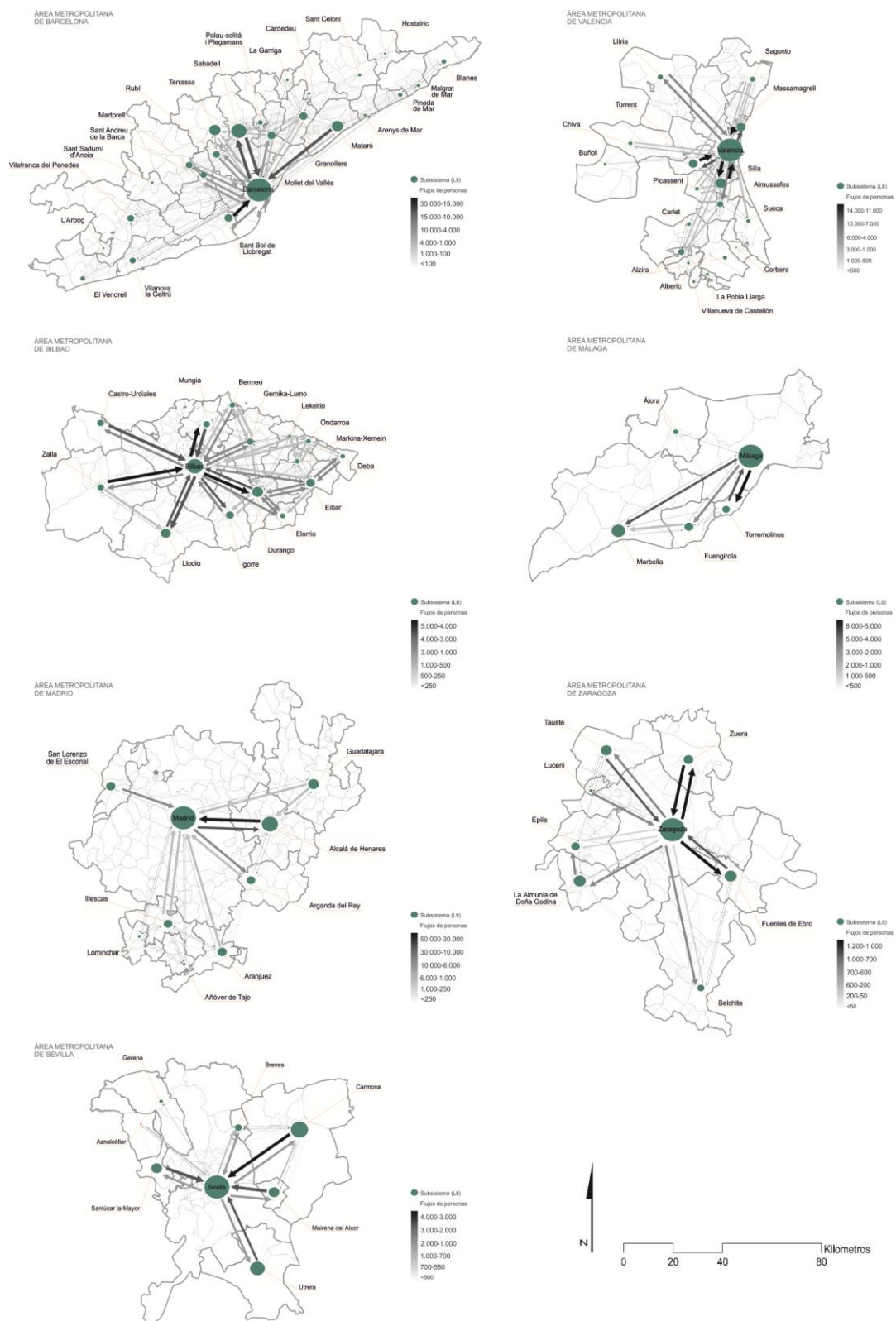
Figura 57. Ratio de Policentricidad radiocéntrica sobre orbital



Fuente: elaboración propia

Observando la Figura 58, se aprecian los vínculos que se establecen entre los diferentes subsistemas, pudiendo ser estos bidireccionales (simétricas) o unidireccionales (asimétricas).

Figura 58. Matrices de flujos de trabajadores entre los subsistemas de las principales metrópolis españolas según Censo de 2001



Fuente: Elaboración propia

Para el caso del sistema metropolitano de Barcelona, las fuertes relaciones de tipo bidireccional que se dan entre algunos subsistemas se ven en: Granollers- Mollet, Sabadell- Terrassa, Sabadell- Mollet. Por otro lado, están las asimétricas que se suscitan entre: Terrassa- Rubí. En esta área metropolitana, resalta el hecho de que a pesar de que las vías de comunicación, en particular las ferroviarias, tienen patrones radiocéntricos, las relaciones laborales y residenciales son eminentemente orbitales, marcando las interacciones entre subsistemas.

El área metropolitana de Bilbao tiene sobre todo relaciones simétricas, éstas se dan entre Durango con Igorre, Eibar, Elorrio, Deba con Eibar, Bermeo- Gernika y Ondarroa- Markina. Las interacciones asimétricas son entre los subsistemas de Zalla- Llodio, Lekeito- Ondarroa, Lekeito- Markina y Eibar- Elorrio.

La metrópolis de Valencia tiene sólo relaciones asimétricas, entre las más destacables están las de Sagunto- Massamagrell, Silla- Torrent y Alzira- Almussafes.

El sistema metropolitano de Málaga es, como se ha comentado en más de una ocasión, un caso especial, debido en este caso a que los subsistemas periféricos, como Torremolinos o Marbella, tienen un peso muy importante, lo que hace que se produzca una cierta tendencia hacia la equipotencialidad.

Por último, existe un grupo de metrópolis que se caracterizan prácticamente por una ausencia de relaciones orbitales. En el caso madrileño, tiene como excepción la relación asimétrica Guadalajara- Alcalá. En el área metropolitana de Zaragoza, la excepción es La Almunia- Épila y en el sistema metropolitano de Sevilla las relaciones orbitales sólo se dan en Mairena- Carmona.

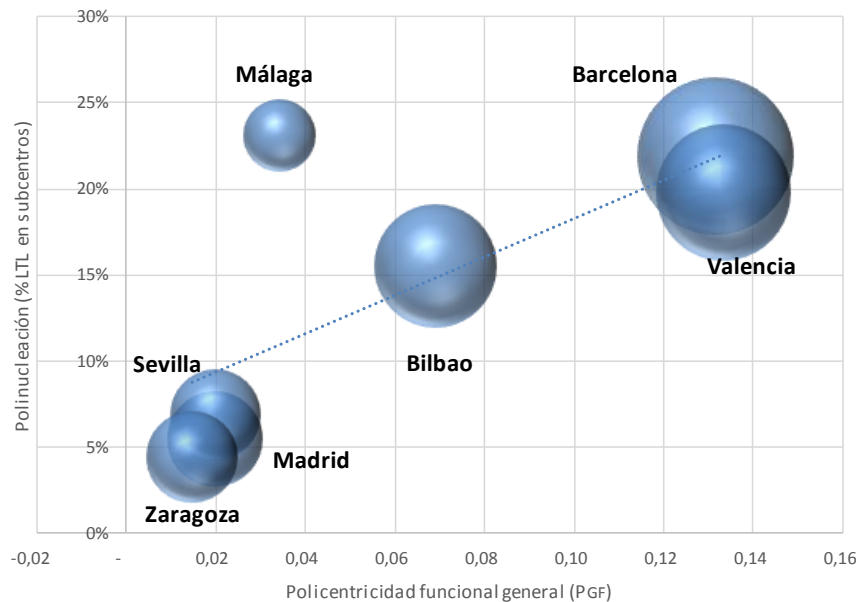
Como explican Marmolejo *et al.* (2015a), el análisis que se acaba de exponer, sugiere que se fomente la red de transporte metropolitano radiocéntrica, debido a que es este tipo de policentricidad la que prevalece, a excepción de las metrópolis de Barcelona, Bilbao y Valencia, en las que la red de transporte orbital tiene una razonada justificación desde el punto de vista de la sostenibilidad, debido a las relaciones bidireccionales de los mercados de actividad económica y residencial existentes entre sus subcentros.

6.2.3. Nivel de policentrismo

El objetivo de este apartado es el comprobar hasta qué punto las partes constituyentes de los sistemas metropolitanos interactúan entre sí, y para ello, una vez calculado el nivel de policentricidad, los resultados han sido contrastados con aquéllos publicados por Marmolejo *et al.* (2012b) sobre el nivel de polinucleación, para averiguar si existe una correlación entre ambos.

Finalmente, se procede a la construcción de un indicador que engloba estos dos conceptos del policentrismo (Figura 59).

Figura 59. Polinucleación vs policentricidad



Fuente: Elaboración propia

La pregunta si existe o no relación entre la policentricidad y la polinucleación, a nivel estadístico sería que sí, puesto que la correlación entre el número de subcentros y la policentricidad general es de $r=0,918$, y la correlación entre el peso relativo de los subcentros en términos de actividad económica y la policentricidad general, es de $r=0,717$. Sin embargo, en la Figura 59, se puede observar que la relación no es perfecta, pues como se ha comentado varias veces, Málaga es un caso excepcional, y presenta un nivel de polinucleación superior al nivel de policentricidad.

Para unir los conceptos topográficos y topológicos del policentrismo, se construye un indicador general mediante un análisis factorial de los dos componentes. Por un lado, de la componente de la polinucleación se consideran las siguientes dimensiones: número de subcentros; porcentaje de LTL en los subcentros; y porcentaje de LTL en el CEC. Por otro lado, para la componente de la policentricidad, se coge el mismo indicador de policentricidad funcional general que se acaba de desarrollar.

Tabla 12. Nivel de policentrismo de las metrópolis españolas

Barcelona	1,285
Valencia	1,169
Bilbao	0,313
Málaga	0,092
Sevilla	-0,693
Madrid	-0,923
Zaragoza	-1,242

Nota: las unidades son puntuaciones factoriales, cuanto más positivas son, mayor es el nivel del policentrismo (polinucleación y policentricidad)

Fuente: Elaboración propia

El resultado del análisis factorial de las dos componentes que se observa en la Tabla 12, arroja una componente principal que sintetiza el 78% de la información que se diferencia en tres estadios, el primero correspondería con los sistemas metropolitanos policéntricos de Barcelona y Valencia; el segundo con la metrópolis intermedia en todos los casos, Málaga; y por último, el de las áreas metropolitanas menos policéntricas, que son Sevilla, Madrid y Zaragoza.

Tras estos estudios, se puede concluir que, la mayoría de los análisis que se han llevado a cabo desde la perspectiva funcional de los siete principales sistemas metropolitanos españoles, muestran que tienen un marcado carácter monocéntrico, y que las componentes policéntricas vienen originadas por la integración de antiguos núcleos que previamente eran independientes, justo el caso opuesto del policentrismo norteamericano.

En esta investigación pretendemos definir el concepto del policentrismo no sólo desde la perspectiva morfológica sino también desde la funcional. Según esto, y como explican Marmolejo y Tornés (2015b), *“un sistema urbano policéntrico debería ser aquél estructurado en varios (poli) centros, que interactúan tanto con su entorno*

inmediato (formando subsistemas) como entre ellos (estableciendo relaciones de complementariedad). No basta, por tanto, que haya muchos núcleos, sino es necesario también que exista una evidente relación entre los mismos". (p. 3)

6.3. Resultados de la caracterización del consumo suelo

6.3.1. Indicador Consumo de suelo/ Densidad de uso del suelo

Los análisis previos han retratado una imagen de las estructuras urbanas divergentes. Sin embargo, ahora es el momento de analizar en qué medida el crecimiento urbano policéntrico es un modelo sostenible en términos de consumo de suelo.

Una de las novedades en relación a los estudios anteriores, es la adscripción de cada municipio al subcentro funcional, y no al más cercano. Dado que el interés del análisis reside en la influencia de centralidades en los entornos sobre la densidad urbana, las densidades del CDB y los subcentros, se excluyen. De este modo, también se corrige el sesgo que introduciría la inclusión de los municipios centrales con una superficie más grande debido a sus funciones administrativas históricas.

A continuación, en la Tabla 13 se detallan algunos datos provenientes del Corine Land Cover (CLC) 2000 y Censo de Población 2001 acerca de las siete principales metrópolis españolas:

Tabla 13. Datos de las áreas metropolitanas estudiadas

Metrópolis	Municipios	Suelo artificializado (Km2)	LTL	Población	Densidad global (LTL+POB/m2)	Consumo de suelo (m2/LTL+POB)
Madrid	183	860	2323709	5542843	9154	109
Barcelona	184	745	1854082	4530164	8570	117
Valencia	103	308	659612	1791330	7962	126
Sevilla	52	237	427498	1381531	7633	131
Bilbao	122	112	430056	1228138	14855	67
Zaragoza	88	127	283788	724335	7924	126
Málaga	32	194	340105	994984	6895	145

Fuente: elaboración propia con base en datos del CLC 2000 y Censo de Población 2001

En la Tabla 13, se observa que en referencia al campo de consumo de suelo, Bilbao es el sistema metropolitano que tiene un menor valor, aproximadamente, la mitad que el resto. Esto se debe a la orografía en donde se localiza el área bilbaína, que es muy abrupta, por lo que obliga a que las vías de comunicación sean un elemento crucial,

debido a que es el único modo de acceder al puesto de trabajo, pero no sólo eso, sino que además, debido a que la movilidad se ve limitada por la topografía, las edificaciones se concentran en los centros urbanos, en donde por lo general, se observa un predominio de viviendas plurifamiliares, lo que conlleva a una reducción del suelo.

En el lado opuesto, se encuentra el área metropolitana de Málaga, ya que es la que más suelo per cápita consume de todas. Este hecho se puede explicar al observar la estructura de baja densidad que presenta la metrópolis, debido a un modelo desarrollado bajo el turismo residencial junto con la presencia de numerosos campos de golf.

De las dos grandes metrópolis, Madrid y Barcelona, es la segunda la que muestra un mayor consumo suelo per cápita. Cabe recordar, que existe una gran diferencia entre las estructuras de la actividad económica de ambas. En el caso de Barcelona, esta metrópolis presenta huellas de su época industrial, ubicándose ésta mayormente en las coronas intermedias (20-30 km y 30-40 km) como se observa en la Tabla 14, disminuyendo la presencia de la misma conforme disminuye la distancia al CBD, a pesar de que la presencia aún es notable. Sin embargo, en las coronas periféricas se observa un potente desarrollo terciario que se ha potenciado a partir de los años 70. Si se observan los porcentajes de Barcelona, los LTL de oficinas e industria, los datos reflejan que van decreciendo conforme se acercan a la periferia. El caso de Madrid es muy diferente, ya que en términos de porcentajes, presenta menores niveles de LTL que Barcelona, tanto de industria como de oficinas. La dinámica de los LTL en Madrid es que los de oficinas van aumentando poco a poco conforme se alejan del centro, al igual que ocurre con los de industria, que aumentan en las periferias, manteniéndose estables en todas ellas.

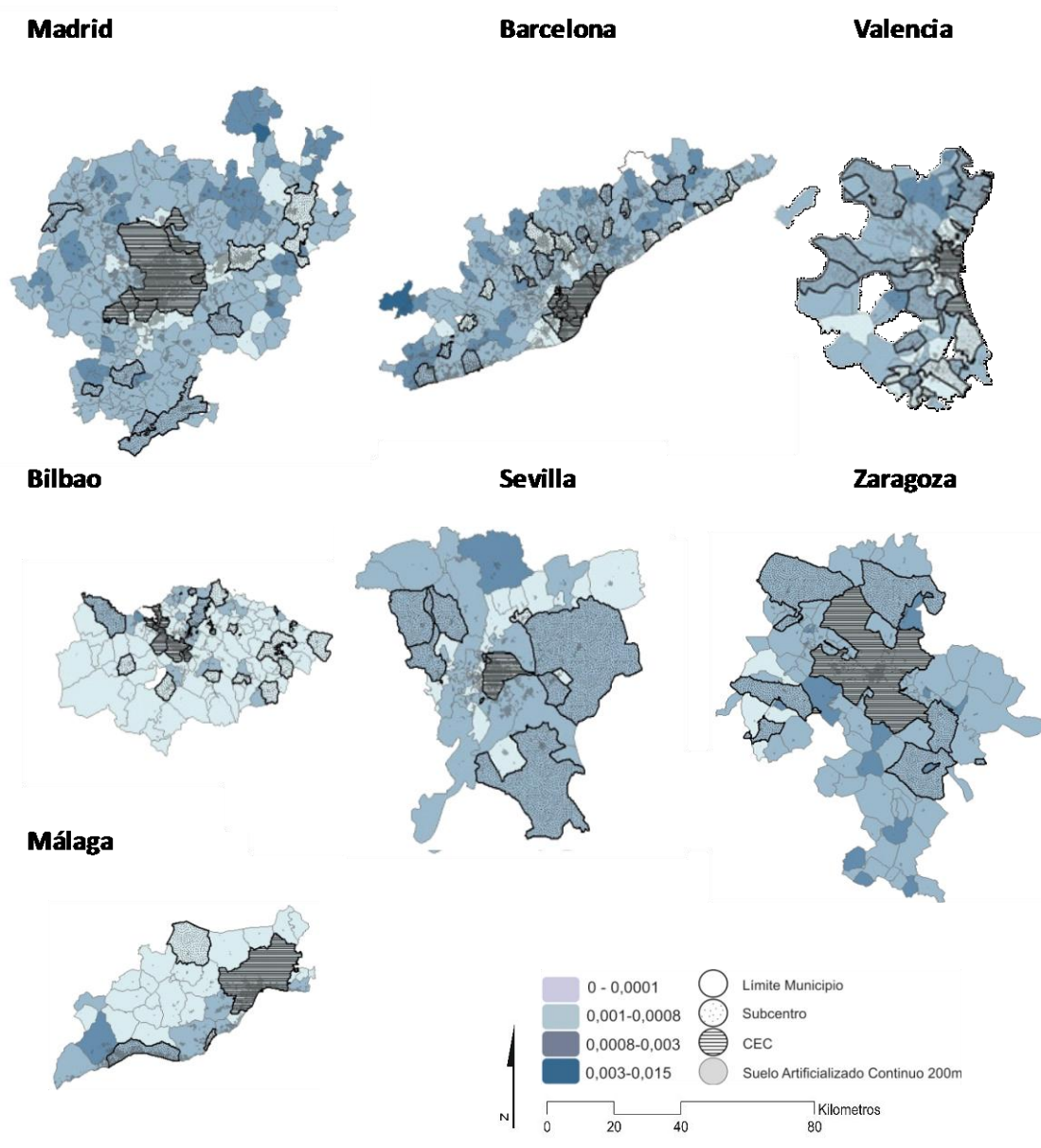
Tabla 14. Porcentaje de industria y oficinas en las dos principales metrópolis españolas. Barcelona y Madrid

Coronas	LTL Industria	% Industria	LTL Oficinas	% Oficinas
0 Km	4.389	<div><div></div></div> 15%	731	<div><div></div></div> 15%
0 - 10 Km	17.890	<div><div></div></div> 27%	9.764	<div><div></div></div> 15%
10 - 20 Km	153.330	<div><div></div></div> 32%	22.131	<div><div></div></div> 15%
20 - 30 Km	110.544	<div><div></div></div> 38%	39.777	<div><div></div></div> 12%
30 - 40 Km	88.194	<div><div></div></div> 36%	39.503	<div><div></div></div> 11%
40 - 50 Km	61.009	<div><div></div></div> 32%	24.391	<div><div></div></div> 11%
50 - 60 Km	38.349	<div><div></div></div> 25%	20.422	<div><div></div></div> 12%
AM Barcelona	474.155	<div><div></div></div> 26%	3.547	<div><div></div></div> 19%
Coronas	LTL Industria	% Industria	LTL Oficinas	% Oficinas
0 Km	739	<div><div></div></div> 11%	193	<div><div></div></div> 9%
0 - 10 Km	0	<div><div></div></div> 0%	0	<div><div></div></div> 0%
10 - 20 Km	8.454	<div><div></div></div> 19%	8.223	<div><div></div></div> 13%
20 - 30 Km	45.545	<div><div></div></div> 22%	40.001	<div><div></div></div> 14%
30 - 40 Km	192.714	<div><div></div></div> 18%	548.472	<div><div></div></div> 16%
40 - 50 Km	54.328	<div><div></div></div> 20%	58.119	<div><div></div></div> 16%
50 - 60 Km	16.593	<div><div></div></div> 18%	13.302	<div><div></div></div> 10%
AM Madrid	3.184	<div><div></div></div> 13%	668.310	<div><div></div></div> 27%

Fuente: elaboración propia

El indicador de consumo de suelo intenta medir la eficiencia en la urbanización, desde el punto de vista de que cuanto menor es el valor de este indicador, más sostenibles y eficientes serán las ciudades.

Figura 60. Consumo de suelo per cápita en las siete principales metrópolis españolas (km²/personas)



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

Si se analiza la Figura 60, se pueden extraer ciertas conclusiones. En las áreas metropolitanas de Barcelona, Madrid, Valencia y Sevilla el análisis del indicador de consumo de suelo muestra niveles similares. Por un lado, los municipios centrales de las metrópolis y los subcentros próximos repartidos en las coronas, son los que

presentan unos niveles de consumo de suelo menores. Estos datos, responden a una estructura urbana en donde el consumo de suelo es más eficiente debido a que el modelo urbano viene caracterizado por una edificación de viviendas plurifamiliares, al contrario que lo que sucede en el resto del área metropolitana, que se producen asentamientos de baja densidad, dispersos y dependientes del automóvil.

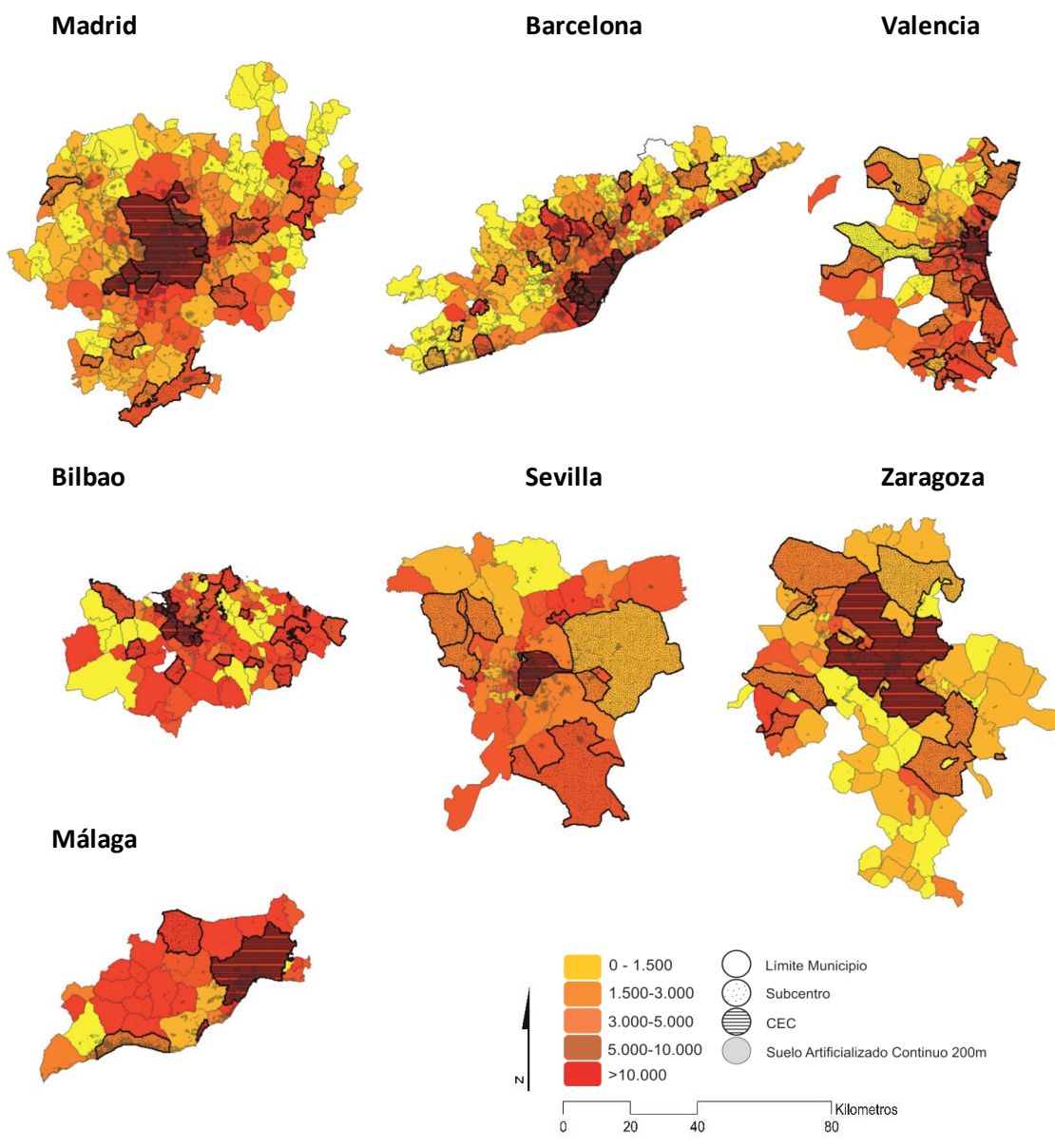
El caso del sistema urbano de Bilbao es particular, ya que responde a un tipo de modelo urbano distinto al resto de metrópolis, debido a que los niveles de consumo de suelo se incrementan proporcionalmente con la distancia al CBD. Esto quiere decir, que en el CEC, los valores de consumo de suelo son mínimos, y estos irán incrementando hacia la periferia, de forma gradual y concéntrica, hecho quizás, debido a la orografía en la que se estructura el área metropolitana bilbaína.

El área metropolitana de Málaga, tiene un mayor índice de consumo de suelo el resto del área metropolitana, es decir, ni en el centro, ni en los subcentros.

En último lugar, se encuentra la metrópolis zaragozana, la cual adopta valores intermedios del indicador de consumo de suelo. El municipio central de esta área metropolitana, Zaragoza, es el que menor nivel de consumo de suelo tiene, debido a que es uno de los municipios más densos a pesar de su gran extensión, la urbanización se ve concentrada según las vías de comunicación (A-68 y la A-23) que se cruzan generando una especie de cruz.

A continuación, se muestra en la Figura 61, la densidad de uso del suelo per cápita de los principales sistemas metropolitanos. Como se ha comentado en el análisis realizado para el consumo de suelo, la densidad disminuye conforme la distancia al centro aumenta.

Figura 61. Densidad uso del suelo en las siete principales metrópolis españolas (persona/km² suelo urbanizado)



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

Al ser el indicador de la densidad urbana (Figura 61) el inverso del indicador del consumo de suelo per cápita, los comentarios realizados previamente para cada AM son exactamente los opuestos para este caso, por los que se omite su explicación.

6.3.2. Estructura de la matriz territorial

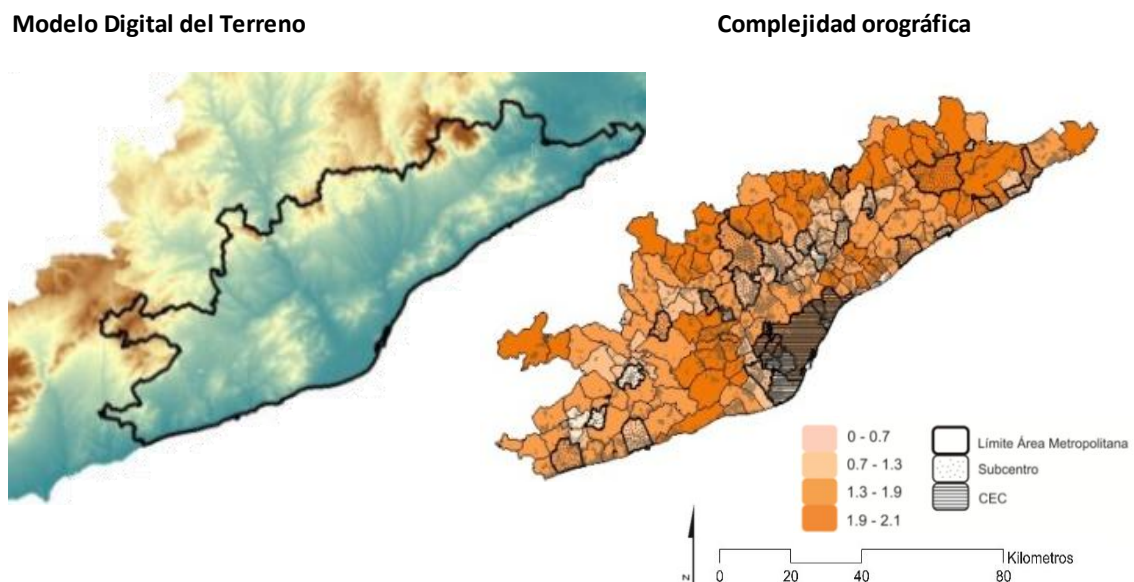
Indicador de complejidad orográfica

La complejidad orográfica representa la variedad de pendientes de un área determinada, de este modo, lo que está indicando es la presencia de accidentes geográficos. Para llevar a cabo el análisis de este indicador, ha sido necesario categorizar toda la superficie de cada uno de los municipios de todas las áreas metropolitanas en rangos de pendientes (*p.e.* entre el 5% y el 15%).

En la Figura 62, se muestra un ejemplo del cálculo de la complejidad orográfica del área metropolitana de Barcelona, mediante la transformación de los datos del mapa digital del terreno (MDT) en el indicador de diversidad orográfica. Además, se puede observar cómo en las zonas con menor diversidad orográfica, es decir, con menos accidentes geográficos, son en las que se ubican los subcentros y el CEC.

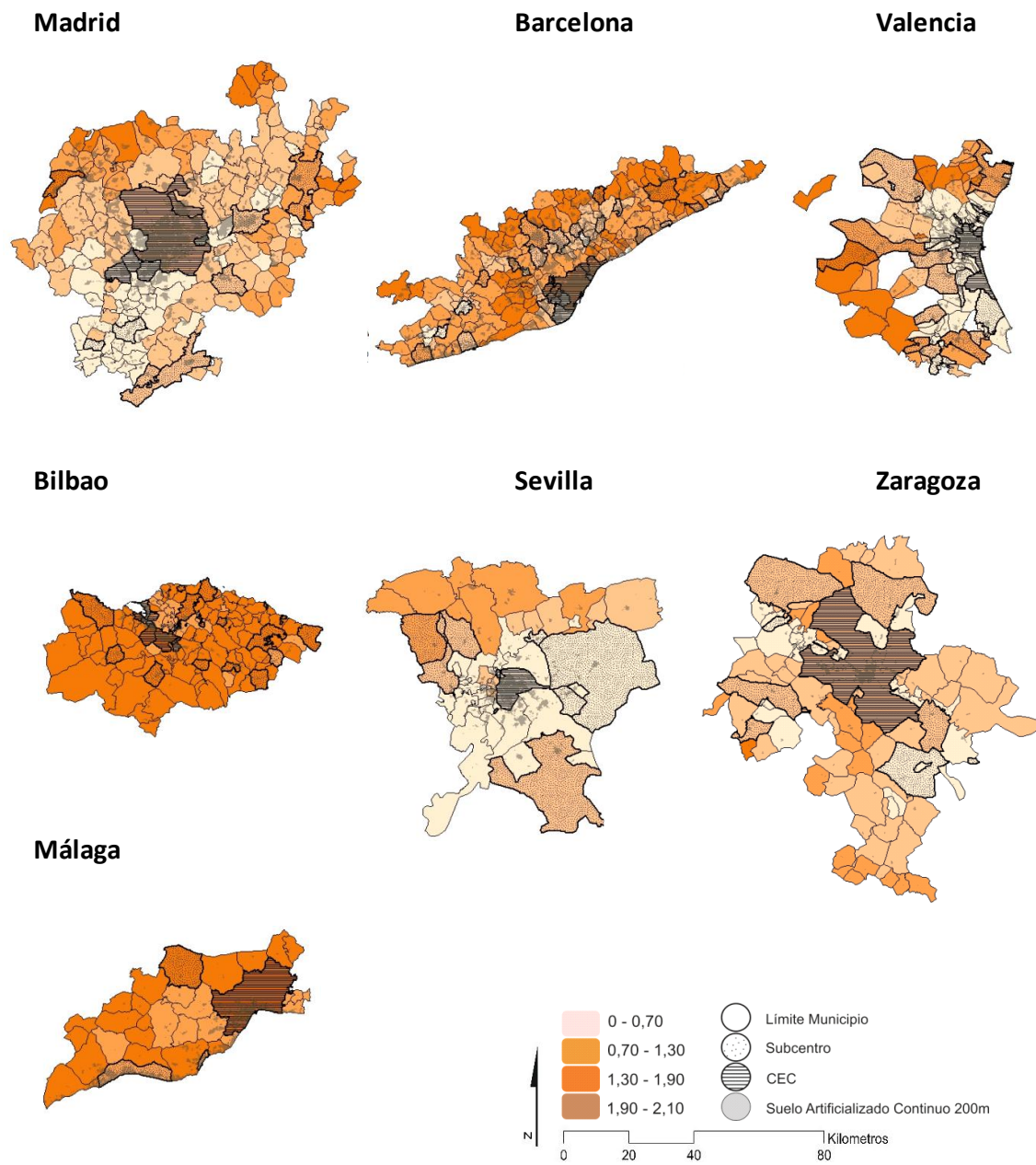
Finalmente, se puede extraer como conclusión que los municipios más accidentados (mayor diversidad orográfica), son zonas con niveles de consumo de suelo mayores.

Figura 62. Ejemplo del cálculo de la complejidad orográfica en el Área Metropolitana de Barcelona



Fuente: Elaboración propia

Figura 63. Complejidad Orográfica en las siete principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

La Figura 63 muestra la mapificación del indicador de complejidad orográfica para cada área metropolitana. De tal manera que, analizando el indicador de complejidad orográfica de la metrópolis barcelonesa, se puede ver que en el municipio central

(Barcelona), la complejidad orográfica es elevada debido a dos importantes accidentes geográficos, Collserola y Montjuïc, que hacen que la diversidad orográfica del municipio de Barcelona aumente. A continuación, el valor del indicador se reduce en el resto del continuo económico central, para volver a incrementarse con más fuerza en los subcentros fuera del CEC. La situación es similar en las metrópolis de Bilbao y Málaga, en los que los indicadores de complejidad orográfica y pendiente media, también son elevados.

El área metropolitana de Madrid muestra una complejidad orográfica y una pendiente media bastante elevadas en los subcentros dentro del CEC. El resto de municipios de la metrópolis presentan un valor de este indicador bajo debido a la llanura de los mismos, para posteriormente aumentar.

El caso de la metrópolis de Valencia, se puede observar que el indicador de complejidad orográfica es bajo en el municipio central, y cómo va en aumento según las coronas, es decir, desde el mar va aumentando la complejidad orográfica. Sin embargo, el resto del área metropolitana presenta una caída, a excepción de los subcentros que se encuentran ubicados fuera del CEC. Del mismo modo, el indicador de la pendiente media responde a la misma dinámica, cuanto más cerca del mar se encuentren los municipios, menos pendiente tienen.

En las áreas metropolitanas de Sevilla y Zaragoza, el indicador de complejidad orográfica es elevado, debido al cambio de altitud que existe entre los municipios, hay algunos muy llanos y otros con elevaciones montañosas, lo que provoca un aumento de este indicador. Por otro lado, el indicador de pendiente media es reducido en todo el territorio, ya que prácticamente en ambos casos, toda la región se caracteriza globalmente por situarse en una llanura.

Se espera que cuanto menor sea la complejidad, mayor es la densidad, ya que las construcciones de alta densidad conllevan un coste demasiado elevado en terrenos con mucha pendiente, debido a las dificultades y los costes para instalar los servicios públicos de alta capacidad.

6.3.3. Estructura económica

Indicadores sintéticos de la estructura de empleo

La Tabla 15, deja ver el significado de los componentes principales extraídos, cuya interpretación es la siguiente:

Tabla 15. Indicadores sintéticos de la estructura de la actividad económica de las áreas metropolitanas españolas

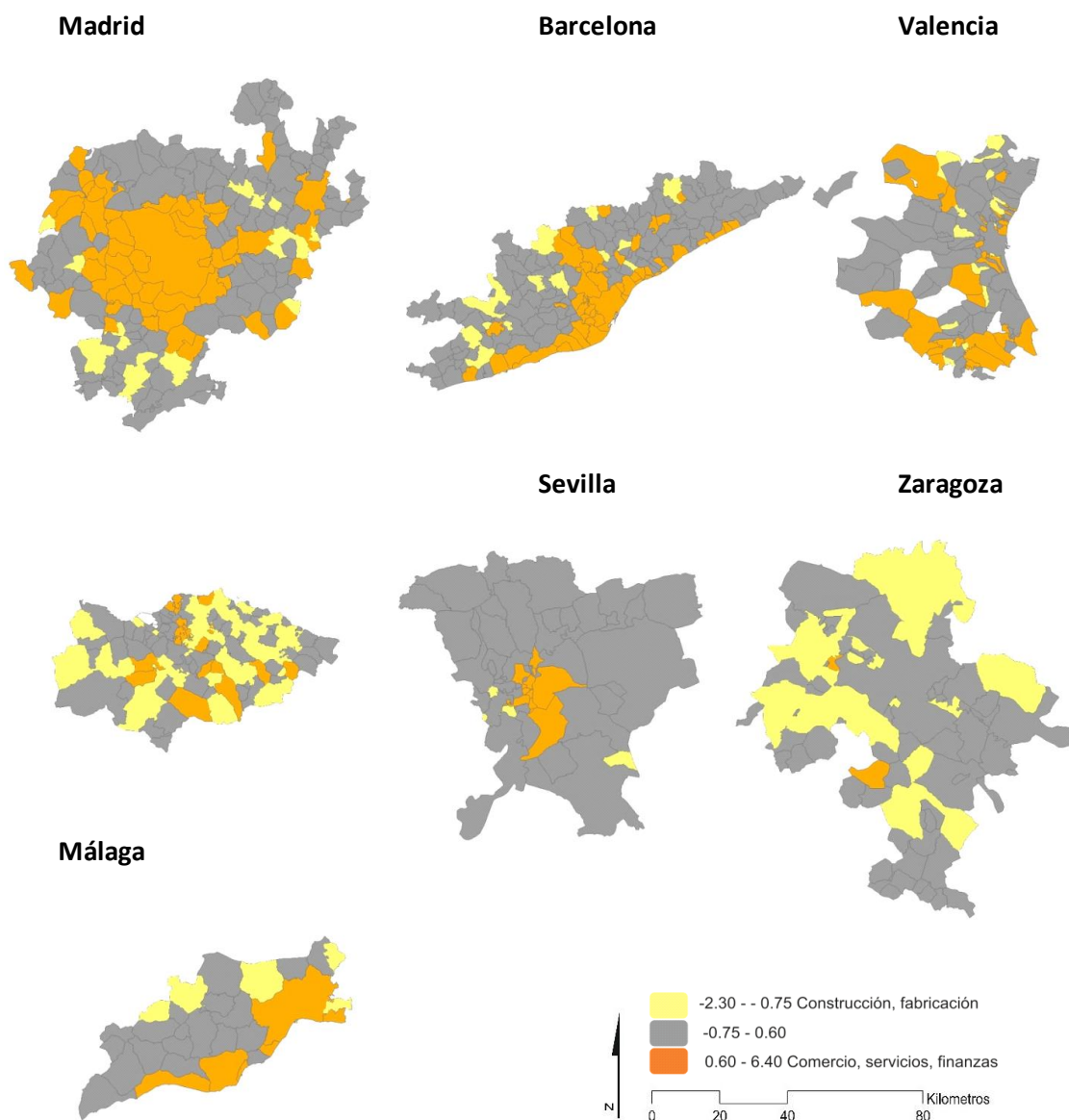
Matriz de componentes rotados		
	Componentes	
	1	2
Fabricación	-0,128	0,799
Comercio/Ventas	0,586	-0,033
Financiera	0,713	-0,166
Servicios	0,777	-0,097
Transporte	0,542	0,332
Restaurantes/Hoteles	-0,003	-0,788

Fuente: elaboración propia con datos del Censo 2001 y CNAE-93

- Componente factorial 1, denominado “terciario”, basado en actividades intensivas con patrones de localización más bien central. Está formado principalmente por actividades terciarias, basadas en las oficinas (*p.e.* las finanzas), los servicios (*p.e.* los personales) o el comercio.
- Componente factorial 2, denominado como “manufacturero”, ya que se basa en actividades relacionadas con la fabricación. Este componente se ha decantado por explicar la localización de las industrias y zonas de construcción, cuya ubicación suele responder a las áreas más periféricas de las metrópolis, y por ende, a zonas de construcción de baja densidad y alto consumo de suelo.

En la Figura 64 se representa el componente factorial 1 de localización central y con un consumo de suelo menor.

Figura 64. Representación de las actividades económicas intensivas (con un consumo de suelo potencialmente menor)

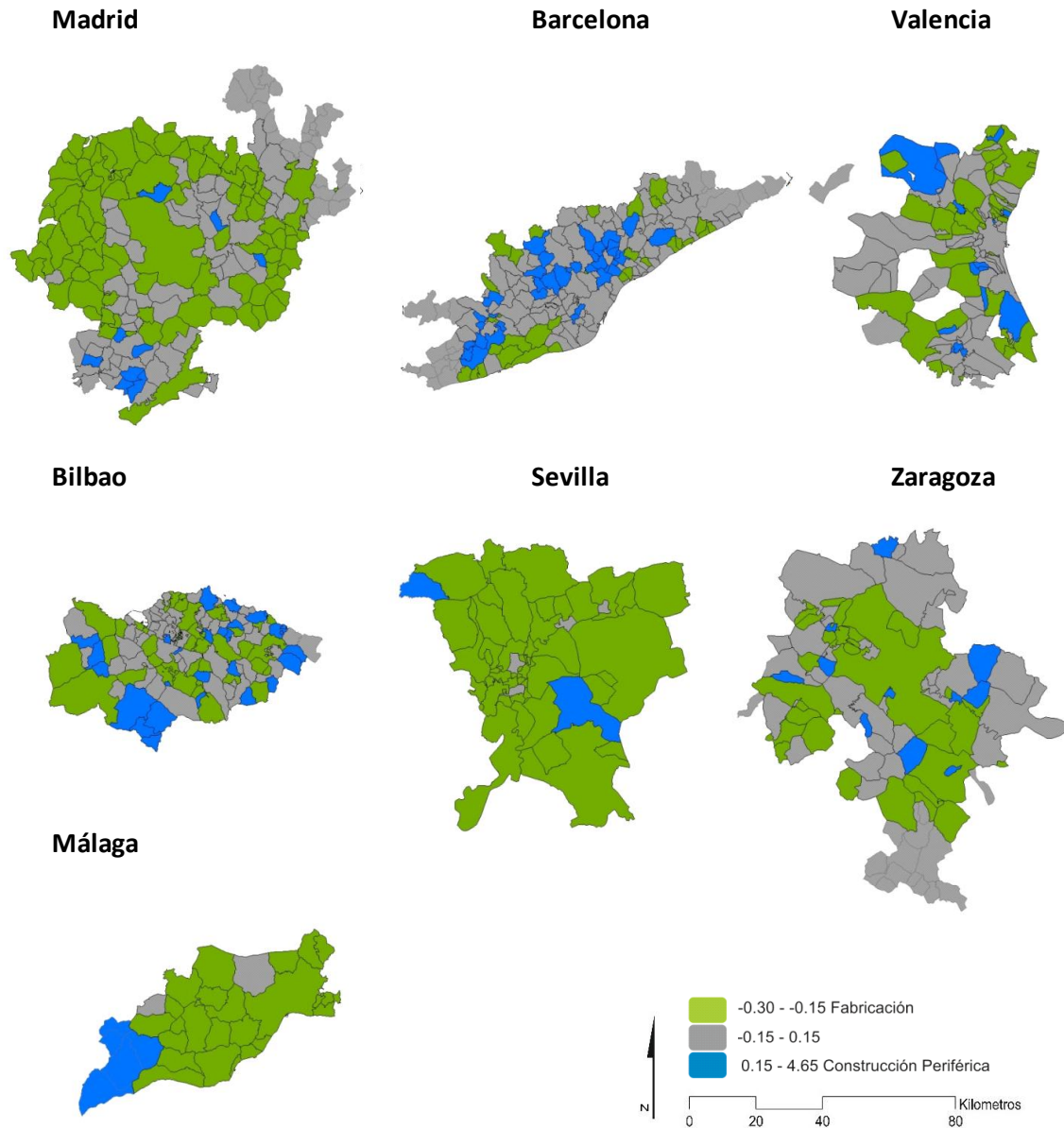


Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

En la Figura 65 se representa el componente factorial 2 con ubicaciones más bien periféricas y un consumo se suelo mayor.

Figura 65. Representación de las actividades “manufactureras” y de construcción periféricas (con un consumo de suelo potencialmente mayor)



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

Indicadores sintéticos de la estructura de la población ocupada

La Tabla 16, deja ver el significado de los indicadores sintéticos de la estructura de la población ocupada, cuya interpretación es la siguiente:

Tabla 16. Indicadores sintéticos de la estructura de la población ocupada de las áreas metropolitanas españolas

Matriz de componentes rotados		
	Componentes	
	1	2
Profesional	0,693	-0,564
Técnico	0,799	-0,308
Administrativo	0,806	0,550
Servicio	0,661	0,327
Cualificado/Industrial	0,186	0,825
Operario	-0,350	0,748
No Cualificado	-0,836	-0,417

Fuente: elaboración propia con datos del Censo 2001 y CNAE-93

- Componente factorial 1, denominado ingresos altos-medio altos. Corresponde con la población con niveles de renta altos- medio altos y un nivel de educación elevado- medio (*p.e.* profesionales, técnicos, administrativos, servicios, etc.)
- Componente factorial 2, denominado ingresos medio bajos-bajos. Corresponde con la población con niveles de renta medio bajos- bajos y un nivel de educación medio- bajo (*p.e.* personal cualificado industrial, operarios, etc.)

Se espera que a mayor nivel de renta, mayor sea el consumo de suelo debido a la preferencia y la asequibilidad para viviendas unifamiliares.

Cabe señalar que la inclusión de la variable media-alta de altos ingresos no es incompatible con la introducción de la variable de medio-bajo de bajos ingresos, ya

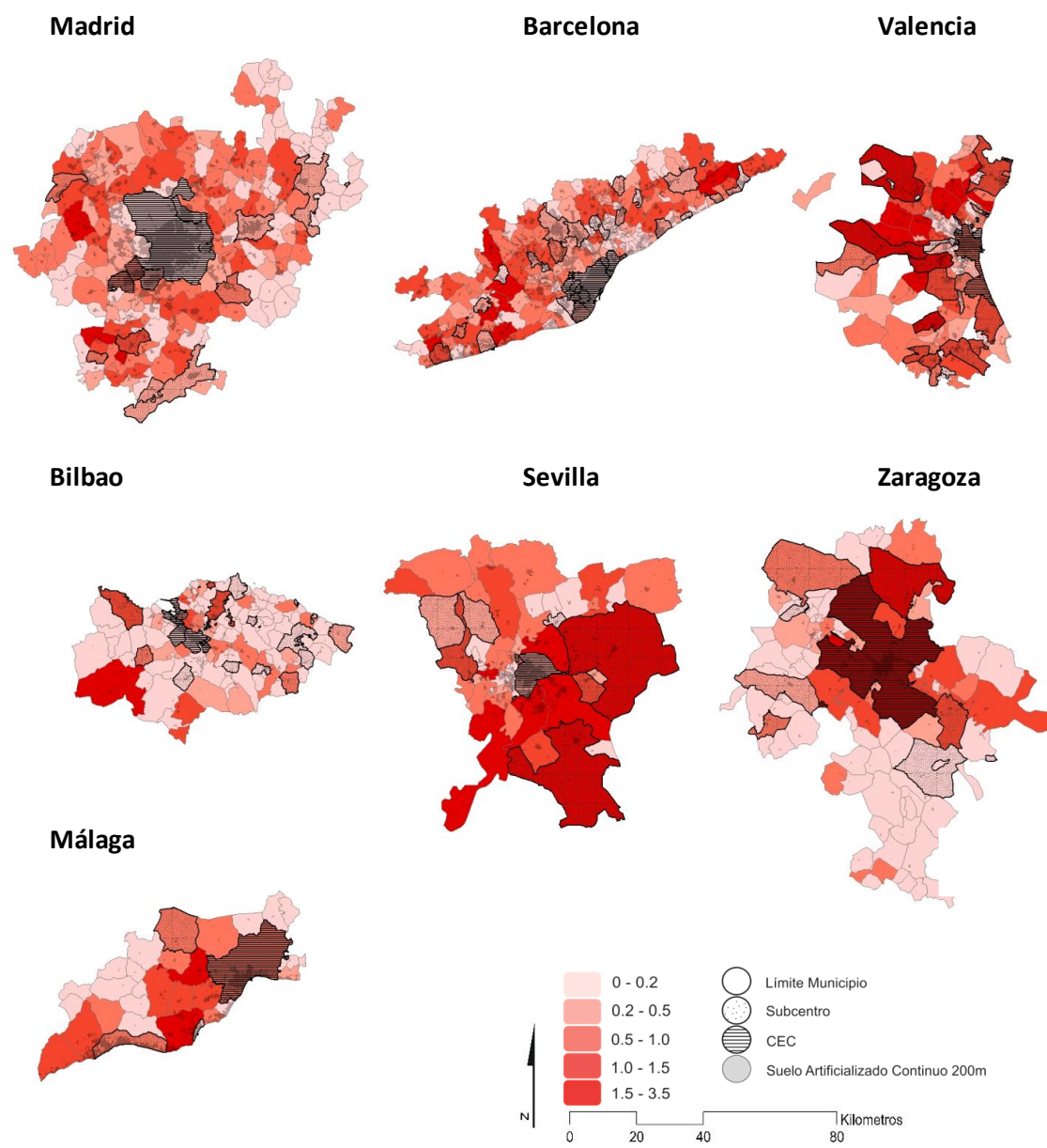
que son ortogonales, debido a que se han obtenido por medio de un análisis de componentes principales.

6.3.4. Estructura urbana

Indicador de fragmentación urbana

El procedimiento de cálculo utilizado a la hora de analizar la fragmentación del tejido urbanizado ha sido el siguiente: en primer lugar, se fusionan, en función de su contigüidad, los diferentes polígonos del CLC; y a continuación, se calcula, para cada municipio, el número de polígonos urbanizados discontinuos contenidos en el mismo, a la vez que se computa la superficie de cada uno de ellos. En la Figura 66 se muestra gráficamente la distribución del indicador de fragmentación urbana en las diferentes áreas metropolitanas.

Figura 66. Fragmentación urbana en las siete principales metrópolis española



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificados como subcentros de empleo; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

El indicador de fragmentación urbana de la metrópolis barcelonesa presenta los niveles más bajos en el CEC y en los subcentros. De hecho, en los análisis previos se

observa que, cuanto mayor es la densidad, y cuanto menor es el consumo de suelo, menor es la fragmentación para el caso de Barcelona.

El caso de la metrópolis de Bilbao es diferente, el índice de fragmentación es generalmente reducido a lo largo de toda su extensión. Esto se debe quizás a la orografía del sistema urbano, hecho que se refleja en la localización de la edificación próxima a las vías de comunicación, respondiendo a la necesidad de tener acceso al resto del territorio. No obstante, los municipios que se ubican en el eje de la autovía A-8, reflejan valores del indicador de fragmentación urbana más elevados.

En el caso opuesto estaría el sistema urbano de Málaga. *Grosso modo* se observa que el nivel de fragmentación del territorio malagueño se sitúa en unos valores medio-altos, resaltando por encima con mayores números, la franja central y el extremo izquierdo.

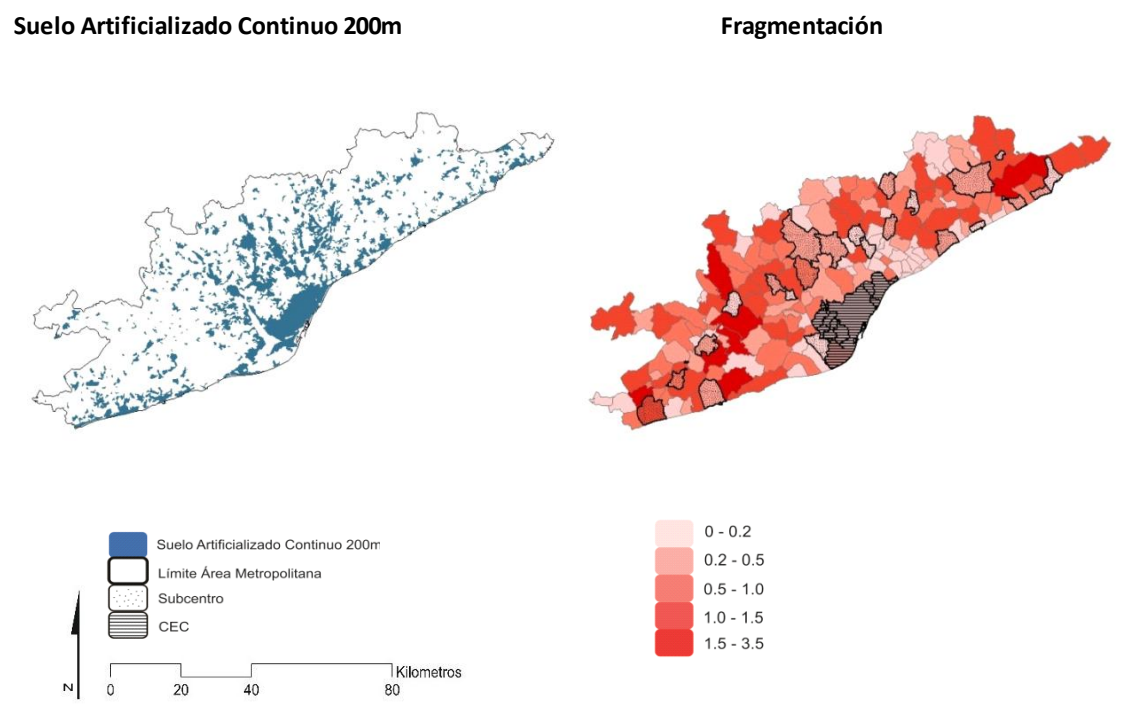
La metrópolis de Valencia presenta los mayores niveles de fragmentación urbana en algunas zonas de la costa y sobre todo, en los municipios interiores. El municipio cabecera, Valencia, es el que tiene un mayor nivel de este indicador, debido a la proximidad de éste al mar, al río o a la Albufera. A pesar de este hecho, los municipios cercanos al municipio central, presentan una disminución del indicador bastante brusca, debido principalmente a que la edificación ubicada en ellos es continua.

Las áreas metropolitanas de Sevilla y Zaragoza tienen municipios de gran extensión, que junto con el hecho de tener pocos accidentes geográficos, genera que la urbanización se pueda expandir y dispersar por el territorio, lo que se traduce en valores del índice de fragmentación mayormente reducidos.

A raíz de estos análisis, se puede ver que la fragmentación del tejido urbanizado aumenta a medida que la distancia al centro también lo hace. Este hecho se debe a varios factores: el primero, a que la demanda de suelo es menor, ya que en las zonas periféricas se localizan las actividades que son consideradas como nocivas (*p.e.* polígonos industriales); y en segundo lugar, a la presencia de áreas agrícolas naturales con un mayor grado de preservación. Por tanto, se puede concluir que existe una correlación positiva entre la fragmentación urbana y el consumo de suelo.

En la Figura 67 se ejemplifica el resultado del procedimiento de cálculo del indicador de fragmentación para el área metropolitana de Barcelona.

Figura 67. Ejemplo del cálculo de la fragmentación del tejido urbanizado en el Área Metropolitana de Barcelona



Fuente: Elaboración propia con datos del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo en el trabajo

6.4. Relación entre el consumo de suelo y el policentrismo

Como se ha ido diciendo a lo largo de esta investigación, la primera hipótesis trata la cuestión si en un sistema policéntrico, con la población y el empleo distribuido entre sus núcleos interconectados y complementarios, el consumo del suelo, aparte del que habría en los propios centros (CBD y subcentros), se ve influido por la presencia de los subcentros. Es decir, discutir si los subcentros influyen en el consumo de suelo más allá de los mismos.

Como se ya se ha comentado en el apartado 6.3. que se acaba de concluir, el consumo de suelo se ha analizado mediante su inversa, la densidad de uso del suelo per cápita, modelando la densidad, y no el consumo de suelo, debido a que, como se ha mencionado antes, en la mayoría de la literatura que se ha consultado y se ha mencionado en el estado del arte, así lo hace.

A continuación, se van a ir exponiendo los resultados de los diferentes modelos de regresión que se han elaborado con el fin de entender el comportamiento y relación existente entre la densidad urbana y las demás variables que se han ido detallando, entre ellas el nivel de policentrismo.

6.4.1. Modelo de regresión 1: densidad urbana y distancias al CBD y subcentros

El primer modelo de regresión que se detalla en la Tabla 17, se realiza introduciendo sólo las variables relacionadas con la accesibilidad, a saber, la distancia a los centros funcionales (distancia al CBD e inversa de la distancia a los subcentros)

Los modelos que utilizan solo los indicadores de accesibilidad, son capaces de explicar las densidades urbanas en sólo cinco de las siete ciudades estudiadas, a pesar de que, en el caso de Bilbao y Zaragoza, dichos modelos proporcionan una explicación pobre de la inversa del consumo de suelo per cápita.

Tabla 17. Modelo de regresión 1 densidad urbana y distancias CBD y subcentros

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Sevilla			Valencia			Zaragoza		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
r ² adj	0,38			0,06			0,28									0,26					
F ANOVA	57,42			6,37			33,36									30,94					
Constante	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
	9,26		63,82	8,83		37,88	8,89		46,32							9,46		52,88	7,40		56,06
Dist CBD	-0,03	-0,60	-9,79				-0,03	-0,51	-7,86							-0,03	-0,52	-5,56			
Inv Dist Sub	3,68	0,22	3,63	4,90	0,27	2,52	3,82	0,16	2,40							6,11	0,31	2,90			

Sólo se han tenido en cuenta las variables con un 95% de significancia

Fuente: Elaboración propia

Variable distancia al CBD

En Madrid, Valencia y Barcelona, la densidad urbana decae aproximadamente al 3% por cada kilómetro que aumenta la distancia de sus centros. Sin embargo, en Bilbao y Zaragoza, la proximidad al CBD no interviene en las densidades urbanas en general. La nula influencia de la inversa del consumo de suelo en el CBD no es de extrañar, ya que como encontró McMillen (2001) en algunas ciudades de Estados Unidos, el gradiente de la distancia al centro fue positivo. Tal hallazgo indica, según dicho autor (*op. cit.*), que en estas ciudades, el CBD ha perdido el papel principal como determinante de la densidad urbana, siendo ya otro centro.

Variable distancia a los subcentros

Con respecto al efecto de los subcentros en las densidades de los alrededores, se observan resultados divergentes, excepto en las ciudades más grandes, donde es bastante similar. Aunque Madrid denota un coeficiente mayor que Barcelona, la divergencia podría venir del hecho de que Madrid tiene sólo 8 subcentros y Barcelona 24, distribuidos en áreas muy similares, por lo que es posible que en Barcelona, la influencia de los subcentros se solape por la proximidad entre ellos. El efecto de los subcentros en la tendencia de densidad espacial en Zaragoza y Bilbao, es mayor que en el resto de las metrópolis. Cabe destacar que, en ausencia de la influencia del CBD en estas dos ciudades, los subcentros aparecen como claros nodos de estructuración de su forma urbana, aunque en general explican mal la densidad urbana.

Variable fragmentación con distancias al CBD y subcentros

Como se ha mencionado con anterioridad, debido a una serie de razones, las variaciones en la densidad urbana no vienen explicadas por la distancia a los núcleos funcionales (CBD y subcentros). Una de ellas, es que normalmente, los desarrollos urbanos caracterizados por una baja densidad, se localizan en los suburbios, pero cuando las ciudades crecen, y se integran subcentros con esquemas de baja densidad, estos pasan a ubicarse en lugares centrales o entre centros. Tal proceso de

superposición, relacionada con el tipo y la disposición de desarrollo urbano, puede eclipsar la influencia de la proximidad a los centros: por ejemplo, en la zona de Málaga, las viviendas de baja densidad destacan como el principal modelo de crecimiento urbano, independientemente de su posición en relación con las centralidades. En las ciudades en las que se ha analizado el índice de correlación entre la presencia de baja densidad/desarrollos fragmentados, y la distancia al CBD, el resultado es de $r = -0.01$, y de $r = -0,051$ en los subcentros, pero no es estadísticamente significativo en ninguno de los dos casos. Tal correlación demuestra la independencia de los desarrollos urbanos de baja densidad con respecto a la centralidad.

Variable complejidad y pendiente con distancias CBD

Además, no queda claro si en las grandes metrópolis, la proximidad a las centralidades pueda ser causante de enmascarar otras variables, tales como las relativas a la topografía. Cuanto mayor es la distancia a los CBD, mayor es la probabilidad de encontrar zonas en donde la construcción sea difícil, como colinas o montañas, donde el desarrollo en gran altura es costoso y difícil. En las ciudades estudiadas, la correlación entre la complejidad orográfica y la distancia al CBD es positiva $r = 0,248$ (sig $<0,001$), y la correlación entre la pendiente y la distancia al CBD es positiva también, $r = 0,146$ (sig $<0,001$). Tal hallazgo sugiere que las estructuras urbanas antiguas (que eventualmente se convirtieron en CBD), se encuentran a lo largo del eje hídrico o en los centros de los valles. Por lo tanto, alejarse de esos centros, significa aumentar la inversión de capital y la complejidad de desarrollar esquemas densos, lo que se contrarrestaría con una reducción en la renta de la tierra debido al aumento de los costes de viaje a los centros.

6.4.2. Modelo de regresión 2: densidad urbana y todas las variables

Los resultados del modelo de regresión 2 se representan en la Tabla 18 y tienen en cuenta todas las variables de control discutidas en el capítulo V de la metodología, además de la distancia a las centralidades.

Tabla 18. Modelo de regresión 2 densidad urbana y todas las variables

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Sevilla			Valencia			Zaragoza		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
r ² adj	0,59			0,06			0,44			0,59			0,36			0,66			0,09		
F ANOVA	33,26			6,37			34,82			13,21			9,00			28,50			8,39		
Constante	9,22		36,10	8,83		37,88	9,60		44,07	13,37		6,92	9,21		64,18	8,94		74,85	7,40		56,06
Dist CBD	-0,03	-0,46	-6,47				-0,03	-0,60	-8,74												
Inv Dist Sub	1,87	0,11	2,08	4,90		0,27	2,52												6,11	0,31	2,90
Suburban railway							0,47	0,20	3,14							0,32	0,18	2,30			
Complejidad orográfica																					
Pendiente	-2,83	-0,19	-3,15							-2,09	-0,29	-2,17	-0,34	-0,31	-2,47	-0,43	-0,37	-4,53			
Costa	0,46	0,17	2,94																		
Fragmentación	-0,31	-0,17	-2,97				-0,62	-0,33	-5,39	-0,97	-0,72	-5,29	-0,53	-0,52	-4,16	-0,61	-0,40	-5,58			
Terciario/no-manuf.	0,26	0,20	2,79													0,26	0,23	2,84			
Rentas Media altas-altas																					
Rentas Medio bajas_bajas	0,22	0,18	3,01				0,22	0,28	4,79	0,63	0,62	4,65	0,16	0,26	2,07	0,25	0,23	3,38			

Sólo se han tenido en cuenta las variables con un 95% de significancia

Fuente: Elaboración propia

A diferencia del modelo de la Tabla 17, en todas las ciudades es posible explicar las densidades metropolitanas, ya que aumenta el porcentaje de la varianza explicada, a excepción de las metrópolis de Bilbao y Zaragoza. Los signos de las otras variables de control son los esperados cuando están presentes en los modelos:

- La variable instrumental que indica la presencia de estaciones de tren intrametropolitano, ha dado como resultado un signo positivo, lo que sugiere que las zonas atendidas por ellos son más densas;
- la variable *dummy* que indica que es un municipio costero también es positiva, destacando el efecto histórico producido por la accesibilidad al mar en el pasado y los factores externos al mar en los nuevos desarrollos orientados al turismo;
- las variables de pendiente y complejidad orográficas aparecen con signo negativo, lo que sugiere que en paisajes complicados se reduce la densidad.
- el índice de fragmentación del tejido urbano se encuentra, como se esperaba, con el signo negativo;
- el factor económico que sintetiza la presencia de servicios-industrias / ausencia de manufactureras, es de signo positivo, lo que sugiere que en las zonas terciarias, el consumo de suelo per cápita se reduce debido al hecho de que estas actividades son de uso intensivo de la tierra, en comparación con el uso extensivo de las actividades manufactureras;
- y los factores de ingreso, son coherentes con la hipótesis de que los hogares ricos prefieren una tipología de viviendas unifamiliares más grandes (reducción de las densidades urbanas), y por el contrario, los menos ricos, sólo pueden permitirse pequeñas viviendas en desarrollos densos tipo apartamentos.

Distancia a subcentros y CBD

Sorprendentemente, el efecto de la distancia a los subcentros en la densidad urbana cae en las dos ciudades más grandes. En Barcelona, la relevancia de la distancia a los centros secundarios disminuye, en relación con los indicadores topográficos. En Madrid, la distancia a los subcentros se desvanece por completo en relación con otras variables, tales como la fragmentación urbana, los ingresos de la población o la presencia de las estaciones de tren de cercanías. Es importante tener en cuenta que

en ambos sistemas urbanos, la proximidad al CBD, sigue siendo el elemento principal que rige las densidades urbanas de acuerdo con los coeficientes normalizados.

Tanto la permanencia en Barcelona de la inversa de la distancia a los subcentros (que no fue significativa en el modelo de Madrid), así como el coeficiente beta, ligeramente más pequeño en la proximidad al CBD en relación con Madrid (de -0,46 en Barcelona y de -0,60 en Madrid), apoyan la idea de que la ciudad de Barcelona presenta un mayor nivel de policentrismo.

No sólo Barcelona se erige como una ciudad más policéntrica en comparación con la capital española, sino también sus subcentros, ya que producen una mayor influencia sobre el consumo de suelo en sus subsistemas funcionales, y su CBD una influencia menor. En Barcelona, tanto los patrones espaciales de viajes (en el que nuestra metodología se basa para identificar subcentros), así como la forma urbana, son más dependientes de los subcentros en comparación con Madrid, donde su CBD todavía ejerce una influencia muy marcada sobre dichas variables. Sólo en Zaragoza y Bilbao, la distancia a los subcentros conserva su poder explicativo, aunque, como se ha dicho anteriormente, el poder explicativo general es muy pobre.

6.4.3. Modelo de regresión 3: todas las variables pero con subcentros integrados

Tal y como se ha visto en el primer apartado de este capítulo, los 80 subcentros de las siete principales áreas metropolitanas estudiadas se han clasificado en descentralizados (emergentes) e integrados (maduros) según la antigüedad (año de construcción de los edificios existentes). Esta clasificación se ha realizado para demostrar hasta qué punto, la densidad espacial cambia según se esté analizando uno u otro tipo de subcentro. En los subcentros integrados, es necesario el paso del tiempo para ejercer una influencia en las densidades urbanas.

Distancia a los subcentros integrados

Los resultados, expuestos en la Tabla 19, apoyan la idea de que la proximidad a los subcentros integrados, ejerce una mayor importancia en Barcelona, Bilbao y Madrid, en relación con los modelos anteriores, en los que entran todos los subcentros sin distinción ninguna. Sólo en el caso de Zaragoza, la distancia a los núcleos secundarios

se desvanece como un factor explicativo de la densidad urbana, si se consideran solamente los subcentros integrados. Entre estas excepciones, se debe al hecho de que en el sistema metropolitano zaragozano, todos los subcentros son de tipo emergente (descentralizados). Como se citaba antes, tales hallazgos apoyan la idea de que el tiempo es un elemento importante que se requiere en un proceso de autoorganización urbana.

Tabla 19. Modelo de regresión 3 todas las variables pero con subcentros integrados

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Sevilla			Valencia			Zaragoza		
r ² adj	0,637			0,06			0,47			0,59			0,52			0,68			0,11		
F ANOVA	30,85			6,10			26,42			13,21			9,28			34,35			5,01		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
Constante	8,95		31,90	8,81		35,80	9,20		33,69	13,37		6,92	9,26		36,82	8,94		71,66	7,66		89,72
Dist CBD	-0,02	-0,30	-3,61				-0,03	-0,56	-7,43												
Inv Dist Sub	2,10	0,13	2,10	5,01		0,28	2,47	5,33	0,16	2,51											
Suburban railway							0,56	0,23	3,30							0,50	0,27	3,76	1,10	0,37	2,24
Complejidad orográfica										-2,09	-0,29	-2,17				-0,55	-0,46	-5,77			
Pendiente	-2,69	-0,16	-2,25										-6,31	-0,29	-2,11						
Costa																					
Fragmentación	-0,30	-0,15	-2,17				-0,57	-0,27	-4,08	-0,97	-0,72	-5,29	-0,48	-0,49	-3,53	-0,62	-0,39	-5,38			
Terciario/no-manuf.	0,53	0,43	5,20										0,32	0,34	2,43						
Rentas Media altas-altas																-0,24	-0,20	-2,69			
Rentas Medio bajas_bajas	0,22	0,20	2,78				0,19	0,22	3,43	0,63	0,62	4,65	0,26	0,41	2,85	0,29	0,26	3,79			
Municipalities structured by																					
Decentralized subcentres	34%			7%			16%			0%			27%			8%			59%		
Integrated subcentres	66%			93%			84%			100%			73%			92%			41%		

Sólo se han tenido en cuenta las variables con un 95% de significancia

Fuente: Elaboración propia

6.4.4. Modelos de regresión 4: densidad laboral y demográfica para todos los subcentros y con todas las variables

Hasta ahora, la proximidad a los subcentros carece casi de importancia (y en algunos casos incluso desaparece, como es el caso de Málaga, Sevilla, Valencia y Zaragoza), cuando se incluyen otras variables de control, pero existe la posibilidad de que tal efecto se produzca porque la vivienda y la actividad económica se fusionan en una única densidad urbana. La mayor parte de los estudios en la literatura analizan ambas densidades en diferentes modelos, aunque ninguno de ellos utiliza el área neta (es decir, el área desarrollada para la vivienda o la actividad económica). A continuación, se analizarán por separado la densidad de población y la densidad de empleo.

Las Tablas 20 y 21 representan los coeficientes para la densidad de empleo y la densidad de población respectivamente, considerando todos los subcentros, tanto los estructurados por núcleos emergentes, como maduros. Mientras que el signo de las variables explicativas sigue siendo el mismo, el valor de su coeficiente sugiere diferencias entre la forma urbana procedente, de la población y del empleo.

Tabla 20. Modelos de regresión 4 densidad laboral para todos los subcentros y con todas las variables

Densidad de empleo

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Sevilla			Valencia			Zaragoza		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
r2 adj F ANOVA	0,57 34,88	0,17 9,24		0,53 38,88	0,47 12,14		0,32 7,80	0,65 31,64		0,21 8,04											
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
Constante	7,85		27,49	7,55		30,33	8,14		30,93	7,37		56,26	7,75		31,56	7,41		53,90	6,35		23,40
Dist CBD	-0,03	-0,52	-7,50				-0,04	-0,66	-10,52												
Inv Dist Sub	2,66	0,15	2,64	5,53		2,80	5,09	0,17	3,03										-0,01	-0,25	-2,30
Suburban railway							0,54	0,19	3,20							0,58	0,29	3,83	5,72	0,22	2,11
Complejidad orográfica																					
Pendiente	-3,61	-0,22	-3,62													-0,67	-0,50	-6,24			
Costa	0,50	0,17	2,85	-0,86		-3,07															
Fragmentación							-0,49	-0,21	-3,80	-0,62	-0,56	-3,72	-0,38	-0,33	-2,54	-0,46	-0,27	-3,61	0,24	0,24	2,32
Terciario/no-manuf.	0,23	0,16	2,18																		
Rentas Media altas-altas																					
Rentas Medio bajas_bajas	0,26	0,20	3,16				0,22	0,24	4,07	0,51	0,61	4,04	0,21	0,30	2,25	-0,20	-0,16	-2,17	0,30	0,24	3,50

Sólo se han tenido en cuenta las variables con un 95% de significancia

Los campos en rojo corresponden con variables no estacionarias (al menos en un 90% de confianza) en el análisis LWR de acuerdo con el test de Montecarlo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Modelos de regresión 4 densidad demográfica para todos los subcentros y con todas las variables

Densidad de población	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Sevilla			Valencia			Zaragoza		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
r2 adj	0,57			0,04			0,41			0,61			0,32			0,59			0,14		
F ANOVA	34,88			4,54			30,42			13,90			11,33			25,55			7,67		
Constante	9,15		43,97	8,55		35,15	9,23		42,19	14,03		6,93	8,97		62,27	8,78		80,07	7,02		49,49
Dist CBD	-0,02	-0,43	-5,95				-0,03	-0,56	-7,91												
Inv Dist Sub				4,31		0,23	2,13		3,05										5,00	0,25	2,34
Suburban railway							0,46	0,20													
Complejidad orográfica										-2,51	-0,32	-2,49	-0,38	-0,35	-2,80	-0,40	-0,34	-3,89			
Pendiente	-2,99	-0,20	-3,36																		
Costa	0,48	0,18	3,01																		
Fragmentación	-0,35	-0,19	-3,31				-0,66	-0,36	-5,68	-1,04	-0,73	-5,46	-0,51	-0,50	-4,00	-0,60	-0,38	-5,04			
Terciario/no-manuf.	0,28	0,22	2,91													0,38	0,33	3,94			
Rentas Media altas-altas																					
Rentas Medio bajas_bajas	0,20	0,17	2,64				0,21	0,27	4,47	0,66	0,61	4,67				-0,26	-0,22	-2,79	-0,30	-0,30	-2,88

Sólo se han tenido en cuenta las variables con un 95% de saignificacia
Los campos en rojo corresponden con variables no estacionarias (al menos en un 90% de confianza) en el análisis LWR de acuerdo con el test de Montecarlo
Fuente: Elaboración propia

Distancia al CBD

La distancia al CBD parece tener una mayor influencia en la densidad de empleo que en la densidad de población en Barcelona, Madrid y Zaragoza (en esta última ciudad, en el modelo de densidad urbana, no aparecía). La proximidad a las centralidades, subcentros y CDB, en el caso de Barcelona, se hace insignificante en el modelo de densidad de población. Parece, pues, que los subcentros son principalmente un proceso de empleo como han propuesto McMillen y William (2003). Las economías de aglomeración en los centros ejercen una influencia clara en la distribución del empleo, ya que la distribución de la población sigue a otros conductores, que pueden estar relacionados con los aspectos demográficos estudiados por Champion (2001).

Los resultados de las Tablas 20 y 21 son como se esperaban, sin embargo, se necesitan algunas explicaciones sobre las variaciones de los coeficientes:

- La variable pendiente parece reducir la densidad de empleo ya que las zonas más pronunciadas, son menos adecuadas para las actividades económicas (sobre todo para las de uso extensivo), al mismo tiempo, las viviendas de alto *standing* se localizan en sitios montañosos con vistas panorámicas.
- Los patrones de dispersión, se asocian más con las extensiones de viviendas de baja densidad, ya que esos desarrollos dispersos corresponden principalmente a la vivienda (fragmentación).
- El factor sintético de presencia de actividades terciarias, parece afectar positivamente en la densidad de población más que en la actividad económica. Esta paradoja se resuelve cuando se considera que en las ciudades compactas, los servicios y la vivienda coexisten en el mismo edificio (porque los factores externos de servicios son bastante compatibles con los usos residenciales) en tejidos densos, utilizando por ejemplo la planta baja para la venta al por menor, las primeras plantas para actividades de oficina, y las restantes, para pisos. Así que el aumento de la proporción de las actividades de servicios, también significa un aumento en la densidad de población.
- Lo mismo es válido para los niveles de ingresos medio bajo-bajo (con una mayor incidencia positiva en la densidad de empleo), puesto que los edificios de actividad mixta, no son vistos como alternativas exclusivas para la

residencia de alto *standing*, y rara vez son elegidos como hogares para los altos ingresos, que prefieren edificios de carácter puramente residencial e incluso, en su mayoría, en barrios residenciales.

6.4.5. Modelo de regresión 5: localmente ponderada

Por último, como se observa en las Tablas 22 y 23, se ha utilizado un conjunto de modelos de regresión localmente ponderada (LWR) para demostrar, por medio de una prueba de Monte Carlo, la estacionalidad de las variables utilizadas en los modelos de las Tablas 20 y 21. Es decir, aquéllos que tienen una importancia estadísticamente significativa a través del espacio en la explicación de la densidad de empleo y de población.

De este modo, en Barcelona, una zona metropolitana asimétrica, que de un lado, presenta dos cadenas montañosas que limitan el patrón urbano, y por el otro, el mar, la proximidad al CDB tiene un efecto no estacionario, tanto en la densidad de empleo, como en la de población (es decir, a la misma distancia del centro, las densidades son diferentes); lo mismo ocurre para el caso de Madrid en relación con la proximidad a los subcentros y la densidad de empleo. También se puede decir que la topografía tiene una influencia no estacionaria en las tres ciudades situadas a lo largo de la costa mediterránea. No es sorprendente que tales ciudades mediterráneas describan este fenómeno, ya que los terrenos con vistas al mar, son muy apreciados, puesto que contrarrestan la reducción de la densidad producida por la orografía no llana.

Los modelos LWR presentan un mejor ajuste de la varianza explicada (*p.e.* en Barcelona, aumenta de $R^2_{adj} = 0,57$ en el modelo de regresión simple (MCO) hasta $R^2_{adj} = 0,75$ en el modelo de regresión localmente ponderado (LWR)).

Tabla 22. Modelos de regresión 5 localmente ponderada para la densidad de la población

GWR DENSIDAD POBLACIÓN

	Barcelona				Bilbao				Madrid				Malaga			

Seville			Valencia			Saragossa				
r2 adj	0,40		0,66		0,39					
F ANOVA*	1,29		2,60		1,79					
Windows size	42		83		78					
	GWR B Estimates		Monte Carlo Test		GWR B Estimates		Monte Carlo Test			
	lower	med	upper	P-value	lower	med	upper	P-value		
Constant	8,08	8,28	8,69	0,16	n/s	6,94	7,10	7,31	0,31	n/s
Dist CBD	0,01	0,02	0,02	0,48	n/s	0,00	0,00	0,01	0,05	*
Inv Dist Sub	2,10	3,91	5,18	0,53	n/s	1,88	3,30	4,39	0,51	n/s
Suburban railway	0,03	0,06	0,10	0,74	n/s	0,91	0,95	1,04	0,80	n/s
Orography complexity	- 0,85	- 0,73	- 0,53	0,42	n/s	- 0,31	- 0,21	- 0,07	0,54	n/s
Slope	- 1,21	4,03	5,53	0,25	n/s	1,13	1,89	4,02	0,57	n/s
Coast	-	-	-	-	***	-	-	-	-	***
Fragmentation	- 0,68	- 0,62	- 0,60	0,74	n/s	- 0,29	- 0,23	- 0,16	0,32	n/s
Tertiary/non-manuf.	0,24	0,29	0,31	0,33	n/s	0,10	0,15	0,24	0,29	n/s
Medhigh-high income	- 0,07	- 0,02	- 0,01	0,67	n/s	- 0,24	- 0,22	- 0,20	0,93	n/s
Medlow_low income	0,19	0,21	0,22	0,63	n/s	- 0,06	- 0,03	- 0,02	0,92	n/s

* The ANOVA tests the null hypothesis that the GWR model represents no improvement over a global model
Spatial non statatonarity significant at: *** 99% confidence, ** 95% confidence, 90% confidence

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Modelos de regresión localmente ponderada para la densidad de empleo

GWR DENSIDAD EMPLEO

	Barcelona				Bilbao				Madrid				Malaga			
	GWR B Estimates				GWR B Estimates				GWR B estimates				GWR B Estimates			
	Monte Carlo				Monte Carlo				Monte Carlo				Monte Carlo			
	Test				Test				Test				Test			
	Quartile	lower	med	upper	Quartile	lower	med	upper	Quartile	lower	med	upper	Quartile	lower	med	upper
r2 adj	0,75				0,04				0,56				0,46			
F ANOVA*	2,75				1,59				2,67				1,24			
Windows size	43				79				164				25			
Constant	7,16	7,8802	8,7947	0 ***	9,424985	9,9313	10,02	0,54 n/s	7,34	7,99641	8,4103	0 ***	4,42	5,35	8,66	0,12 n/s
Dist CBD	- 0,06	-0,0434	-0,035	0,05 *	0,006336	0,00864	0,01	0,59 n/s	- 0,05	-0,0464	-0,0432	0,34 n/s	- 0,01	- 0,01	0,00	0,11 n/s
Inv Dist Sub	1,02	2,5978	3,5767	0,51 n/s	2,14625	3,13328	4,38	0,43 n/s	2,15	5,75864	10,5846	0 ***	- 2,78	- 2,00	1,33	0,35 n/s
Suburban railway	- 0,14	-0,0118	0,2192	0,75 n/s	0,419968	0,54202	0,59	0,61 n/s	0,41	0,48686	0,67733	0,11 n/s	- 0,19	- 0,16	- 0,12	0,93 n/s
Orography complexity	- 0,03	0,4121	0,9864	0,1 n/s	-1,27052	-1,0832	0,26	0,06 n/s	- 0,28	-0,1212	0,2958	0,03 *	- 0,90	0,48	1,12	0,17 n/s
Slope	- 9,75	-5,9684	-1,515	0 ***	-1,62427	1,43361	2,27	0,01 **	- 0,09	2,14358	2,5418	0,27 n/s	-	-	-	-
Coast	0,12	0,3709	0,5985	0,88 n/s	-0,52399	-0,4	0,30	0,56 n/s	-	0	0	0 ***	-	0,38	1,26	0,25 n/s
Fragmentation	- 0,31	-0,1119	0,0625	0,64 n/s	-0,39514	-0,0805	0,05	0,2 n/s	- 0,40	-0,3653	-0,3176	0,58 n/s	- 0,89	- 0,64	- 0,20	0,28 n/s
Tertiary/non-manuf.	- 0,12	0,1781	0,4353	0,31 n/s	-0,33803	-0,1839	0,08	0,14 n/s	0,07	0,0833	0,09462	0,91 n/s	0,30	0,37	0,40	0,83 n/s
Medhigh-high income	- 0,32	-0,1229	0,1579	0,79 n/s	0,000561	0,08315	0,14	0,52 n/s	- 0,10	-0,0896	-0,0767	0,81 n/s	- 0,36	- 0,33	- 0,28	0,92 n/s
Medlow_low income	0,22	0,3706	0,4656	0,15 n/s	-0,29319	-0,2613	0,04	0,09 n/s	0,24	0,25089	0,25905	0,68 n/s	0,25	0,43	0,52	0,43 n/s

Seville				Valencia				Saragossa					
r2 adj	0,29			0,72				0,19					
F ANOVA *	1,28			3,29				1,89					
Windows size	42			83				78					
GWR B Estimates				GWR B Estimates				GWR B Estimates					
Quartile		Monte Carlo		Quartile		Monte Carlo		Quartile		Monte Carlo			
lower	med	upper	P-value	lower	med	upper	P-value	lower	med	upper	P-value		
Constant	7,25	7,6693	7,9337	0,16 n/s	9,277013	9,29286	9,32	0,96 n/s	7,51	7,57304	7,63414	0,86 n/s	
Dist CBD	0,01	0,0108	0,016	0,32 n/s	-0,00774	-0,0056	-	0,00	0,00	0,00	0,51 n/s		
Inv Dist Sub	0,75	2,019	3,4368	0,72 n/s	-1,51677	-1,4324	-	1,35	3,7298	4,47229	0,71 n/s		
Suburban railway	0,10	0,1433	0,2013	0,78 n/s	0,201655	0,37439	0,43	0,13 n/s	0,81	0,82988	0,88643	0,96 n/s	
Orography complexity	-	0,21	0,0953	0,199	0,38 n/s	-0,56	-0,4956	-	0,13	0,04 *	0,04 *		
Slope	-	17,32	-14,479	-9,414	0,25 n/s	-2,11242	-1,2989	-	0,35	0,62 n/s	0,62 n/s		
Coast	-	0	0	0 ***	0,195215	0,22002	0,23	0,71 n/s	-	0	0	0 ***	
Fragmentation	-	0,51	-0,4193	-0,3853	0,52 n/s	-0,63628	-0,6181	-	0,60	0,81 n/s	0,81 n/s		
Tertiary/non-manuf.	0,16	0,2175	0,2314	0,53 n/s	0,075263	0,09071	0,24	0,32 n/s	0,03	0,1328	0,26376	0,05 *	
Medhigh-high income	-	0,05	-0,0261	0,0153	0,52 n/s	-0,28968	-0,2578	-	0,22	0,31 n/s	0,31 n/s		
Medlow_low income	0,22	0,2333	0,2423	0,8 n/s	0,250725	0,27866	0,30	0,46 n/s	-	0,05	-0,0098	0,01739	0,66 n/s

* The ANOVA tests the null hypothesis that the GWR model represents no improvement over a global model
Spatial non stationarity significant at: *** 99% confidence; ** 95% confidence; 90% confidence

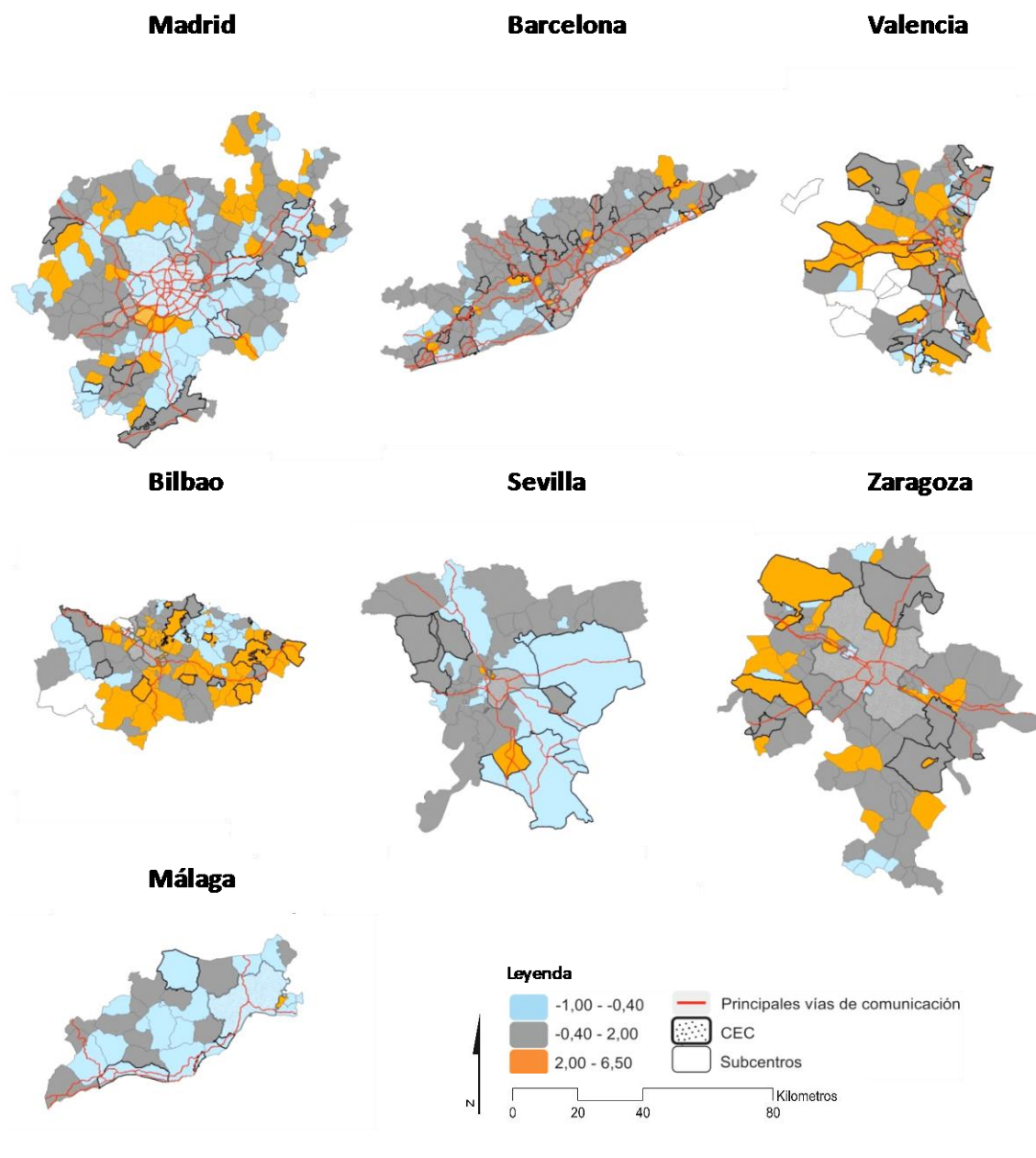
Fuente: Elaboración propia

6.5. Resultados de la caracterización de la movilidad

6.5.1. Índice de exceso de movilidad

El índice de exceso de movilidad compara la movilidad observada con la óptima, es decir, aquella en la cual todos los trabajadores se desplazan lo mínimo posible en función de su residencia y del empleo disponible en su entorno. Cuanto más grande es el indicador, mayor es el exceso de movilidad (medida en km recorridos) por encima de la mínima posible (Figura 68).

Figura 68. Logaritmo natural (Ln) del exceso de movilidad de las principales áreas metropolitanas españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

La Figura 68 sugiere dos vertientes en los resultados del exceso de movilidad laboral.

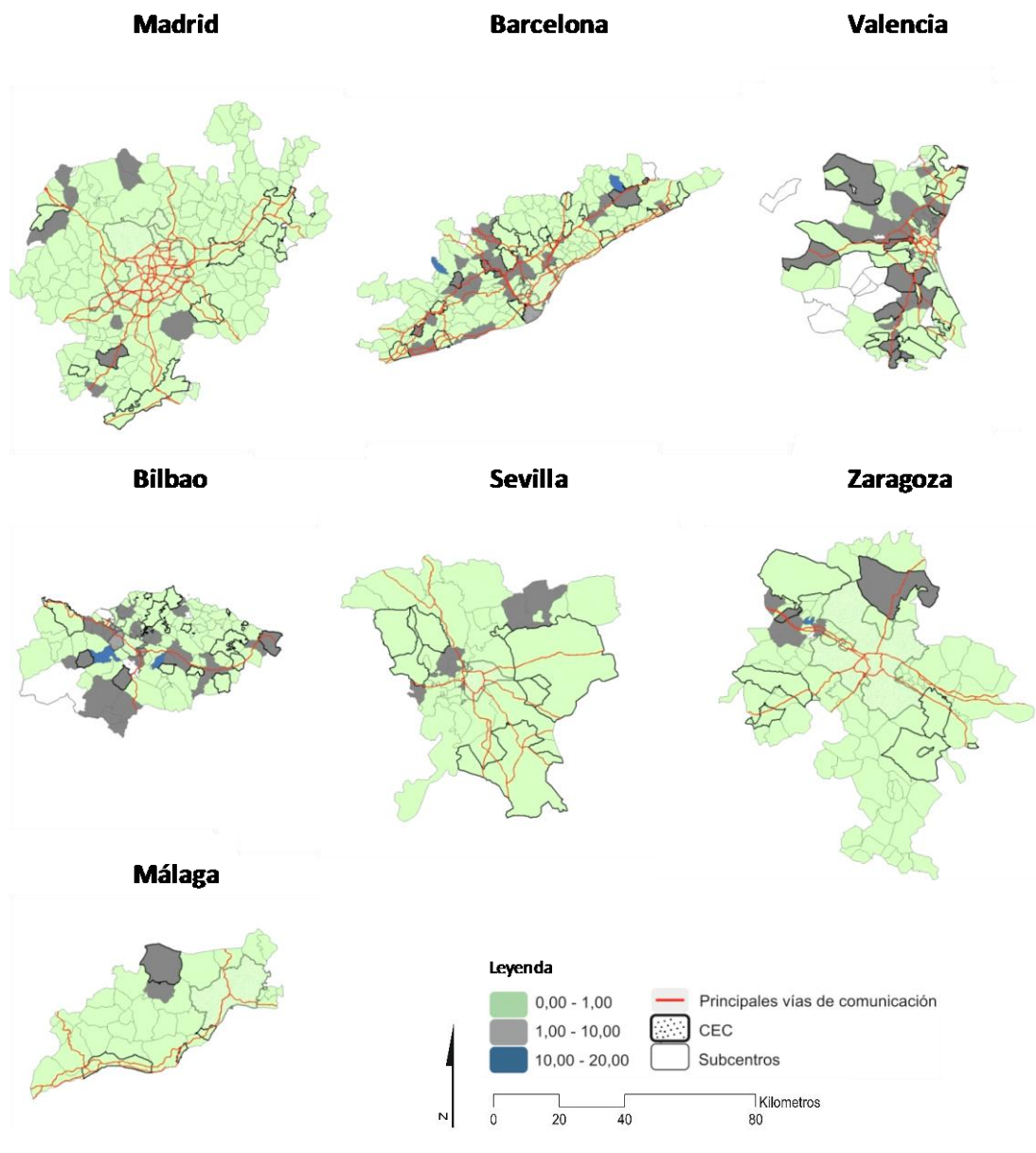
Por un lado, se encuentran las grandes metrópolis de Barcelona y Madrid, y las andaluzas, Málaga y Sevilla, en donde, tanto el continuo económico central, como la mayoría de los subcentros, presentan una movilidad media o reducida, respecto al resto de municipios de los sistemas urbanos. Para el caso de las grandes áreas metropolitanas, este hecho, *a priori*, puede reflejar la gran diversidad existente en las centralidades, tanto a nivel de tipología de las viviendas, como laboral, hecho que ayuda a que la movilidad laboral se vea reducida. Así, para el caso de las áreas andaluzas, esta reducción en la movilidad, puede deberse bien a una adecuada elección de la residencia según la cualificación de la ocupación de los trabajadores, lo que hace que residan y trabajen en el mismo municipio. O bien, como el caso de la metrópolis malagueña, a que en el litoral es donde más diversidad en términos de empleo y vivienda existe, y por tanto, es en esta zona donde menor movilidad hay.

La otra vertiente de resultados es la que se observa en las áreas metropolitanas de Bilbao, Valencia y Zaragoza. En estas regiones, a pesar de que el CEC, y muy pocos subcentros, no tienen mucho exceso de movilidad, el resto de las metrópolis se ven caracterizadas por un elevado número de municipios en los que el exceso de movilidad es acusado. En concreto, en las áreas de Bilbao y Valencia, se intuye que esta situación se da en aquellos municipios que están localizados en, o cerca, de las vías de comunicación, hecho que sin duda ayuda a que la movilidad sea más ágil y mayor.

6.5.2. Indicador de densidad estaciones

Este indicador intenta mensurar los servicios de transporte masivo intermunicipales por cada 10.000 habitantes (Figura 69).

Figura 69. Densidad de servicios de transporte masivo entre municipios para cada una de las principales áreas metropolitanas



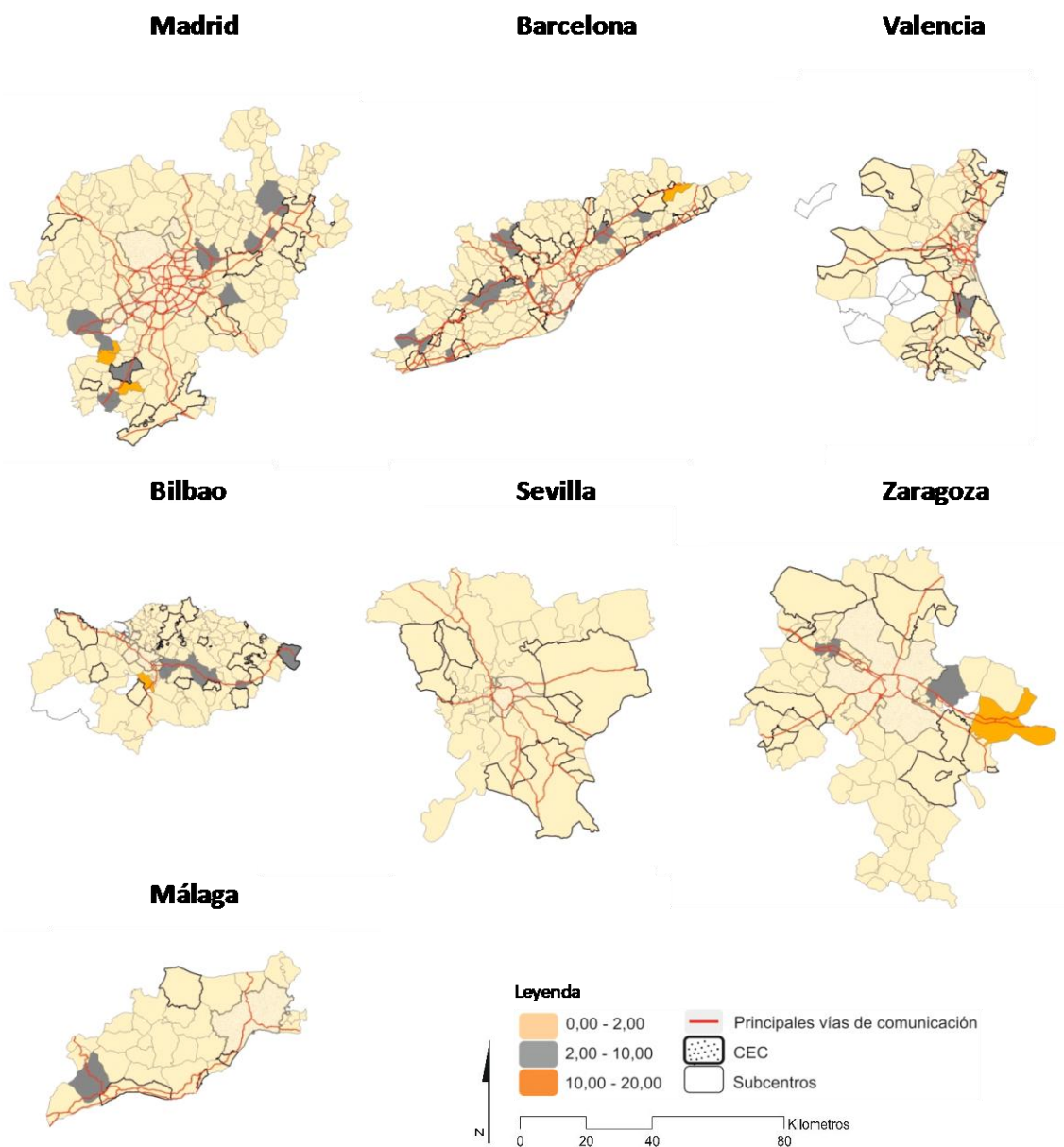
Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

6.5.3. Indicador de densidad accesos autopistas

Este indicador mide la densidad de accesos a vías metropolitanas de alta capacidad/velocidad de pago por cada 10.000 habitantes dentro de un área metropolitana (Figura 70).

Figura 70. Densidad de accesos a vías rápidas de pago para cada una de las principales áreas metropolitanas españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

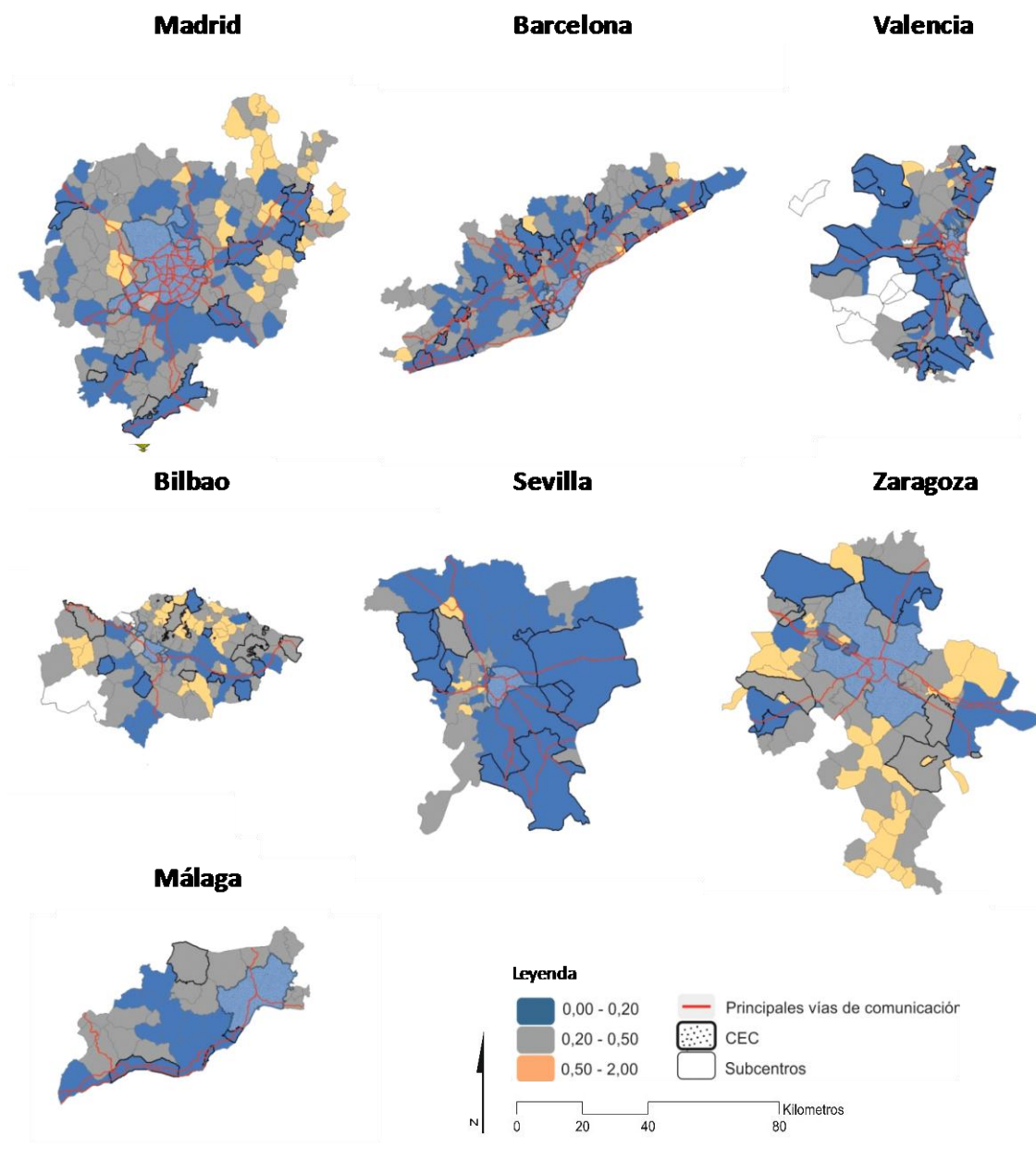
6.5.4. Indicador de equilibrio

Como se ha visto en el capítulo V de la metodología, el desequilibrio entre la población ocupada residente (POR) y los lugares de trabajo localizados (LTL), se ha analizado bajo dos perspectivas, la primera desde el punto de vista de la cualificación de la POR; y el segundo desde la cualificación sectorial del empleo (LTL).

Indicador de equilibrio socioprofesional

Este indicador varía entre 0 y 2, adoptando el valor de cero en los municipios en donde existe un perfecto equilibrio entre la estructura ocupacional de su empleo y su población ocupada residente, y 2, para el caso contrario, es decir, un marcado desfase entre la oferta y la demanda de mano de obra desde la perspectiva de su cualificación ocupacional como se muestra en la Figura 71.

Figura 71. Equilibrio entre la oferta y la demanda desde la perspectiva de la CNO-94 de las principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

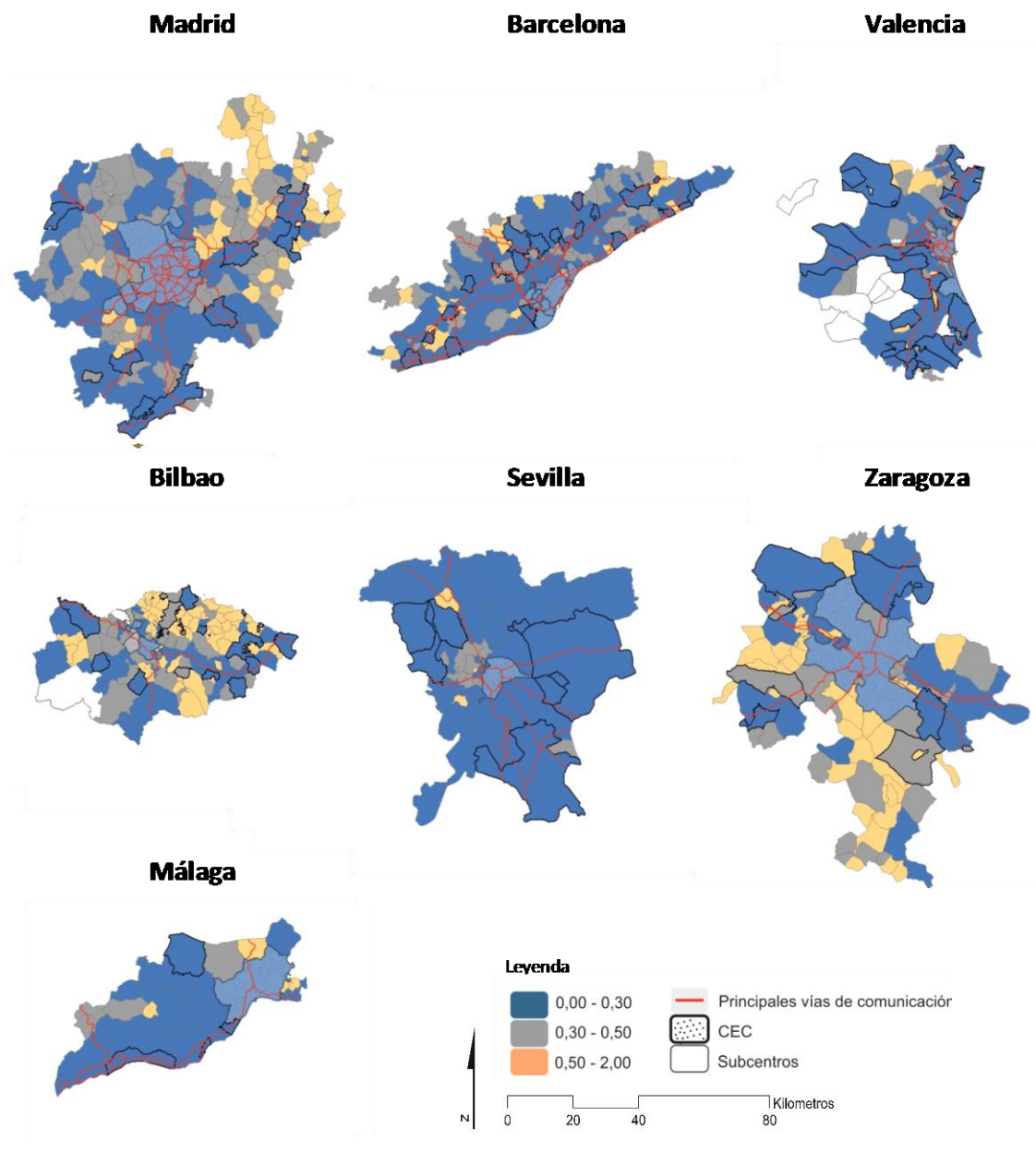
Como se puede observar en la Figura 71, tanto los CEC, como la mayoría de los subcentros de las siete áreas metropolitanas españolas, presentan un óptimo equilibrio entre la oferta y la demanda de la mano de obra de la población ocupada residente (POR).

Las metrópolis de Bilbao y Zaragoza son las que más desequilibrio tienen en algunos de los subcentros y en ciertos municipios, debido quizás en el caso bilbaíno a la orografía del sistema urbano, lo que hace que las vías de comunicación sean fundamentales a la hora de la localización del empleo y la movilidad de la población. Por otro lado, la metrópolis zaragozana, al igual que el área metropolitana de Bilbao, presenta unos altos niveles de desequilibrio en aquellos municipios que se encuentran alejados de las principales vías de conexión con la ciudad central y los subcentros, comportándose, la ubicación del empleo y la movilidad de la mano de obra, de igual manera. El área metropolitana de Madrid, muestra que, ciertos municipios del Este que se encuentran con una cierta desconexión con los principales ejes, arrojan altos niveles de desequilibrio, por lo que la gente que resida en dichos municipios, deberá desplazarse para poder encontrar un empleo acorde con su cualificación ocupacional.

Indicador de equilibrio sectorial del empleo

Cuando este índice toma el valor 0, significa que los municipios están equilibrados en cuanto a la estructura sectorial de su mercado de trabajo, es decir, para todos los sectores existe la misma proporción de oferta de empleo que demanda de éste, lo que podría favorecer la autocontención, repercutiendo en una reducción de la movilidad intermunicipal. Cuanto más cercano a 2 es el índice, significa que existe un mayor desequilibrio, y por tanto, una mayor la movilidad laboral.

Figura 72. Equilibrio entre la oferta y la demanda desde la perspectiva de la CNAE-93 de las principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

En la Figura 72 se representa el desequilibrio entre la oferta y la demanda de la estructura sectorial del mercado de trabajo y muestra una tendencia similar al desequilibrio desde la perspectiva de la CNO.

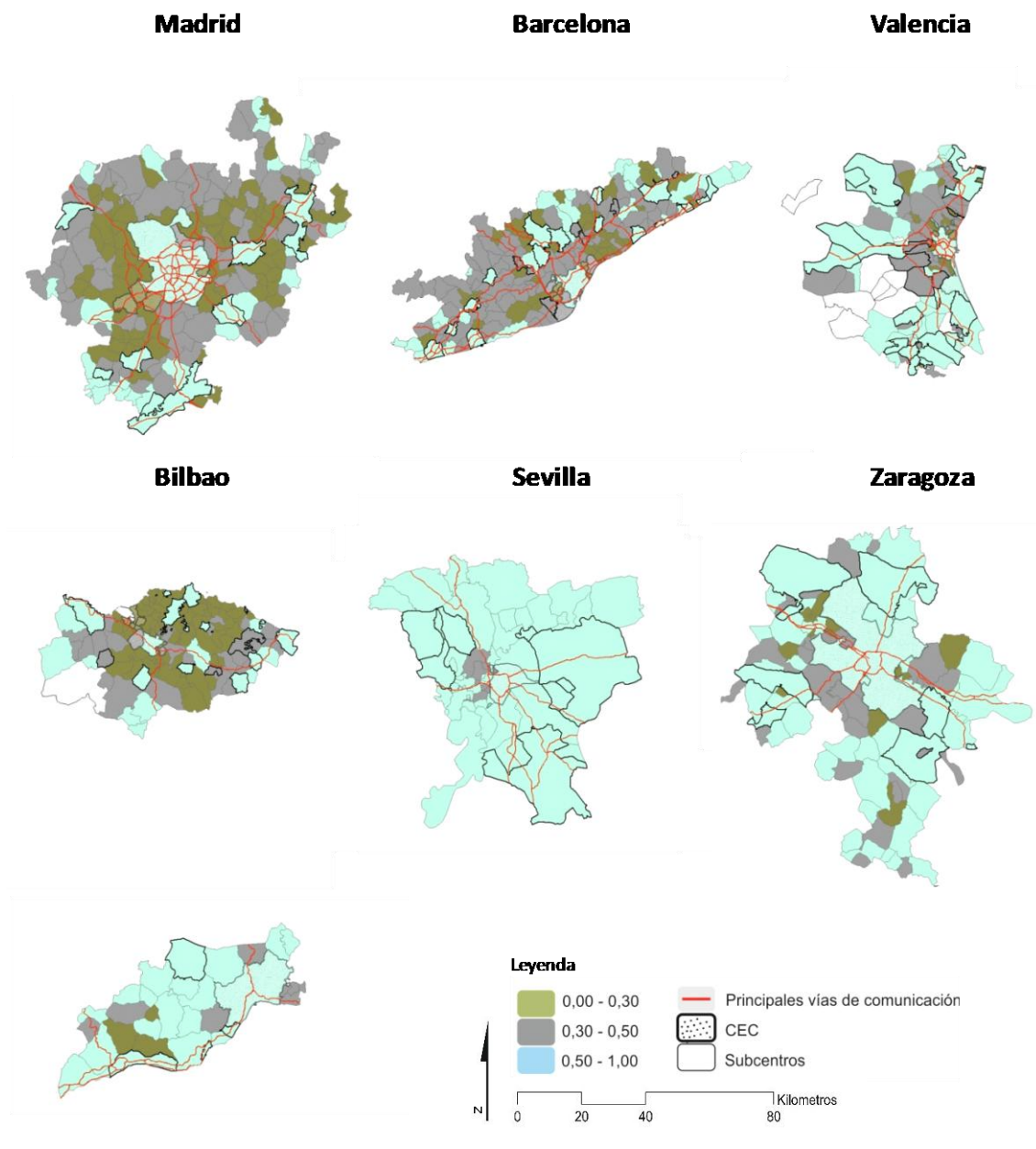
Por lo general, en la mayoría de las metrópolis, los CEC, y un gran porcentaje de los subcentros, tienen unos buenos equilibrios entre la población que reside y la especialización sectorial del empleo, sin embargo, vuelven a ser las áreas metropolitanas de Bilbao, Zaragoza y, en menor medida, la de Madrid, las que tienen un alto nivel de población que presenta una movilidad laboral elevada, ya que no son capaces de retenerla debido al desequilibrio entre la oferta y la demanda por diversos motivos.

Como se dijo antes, estos motivos pueden derivarse, bien del relieve abrupto del sistema bilbaíno, que hace imposible un acceso adecuado a todos los municipios, bien a la extensión territorial como ocurre en el caso de la metrópolis de Zaragoza.

6.5.5. Tasa de autocontención

Este indicador representa la relación entre los trabajadores residentes y la población ocupada residente de un municipio, por lo que, cuanto más alto es el valor de este indicador, mayor proporción de las personas ocupadas que residen en un municipio y trabajan en el mismo.

Figura 73. Nivel de autocontención entre los trabajadores residentes y la población ocupada residente en un municipio en las principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

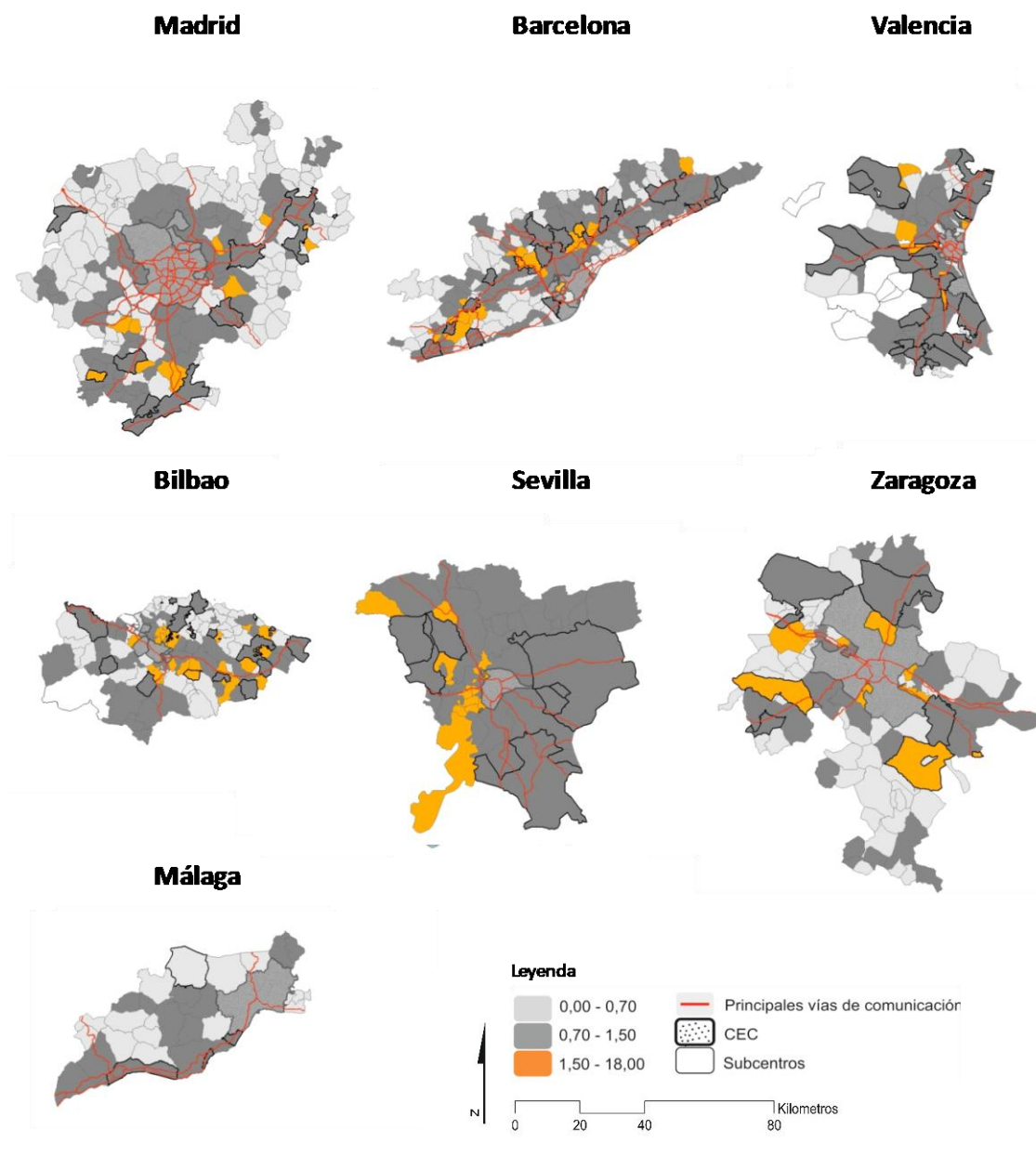
En la Figura 73 se ha representado dicho indicador, de tal modo que como se puede observar, en la mayoría de las centralidades de las metrópolis españolas (centro y subcentros), la autocontención adquiere el máximo valor, por lo que gran parte, o incluso el total de la población ocupada residente, trabaja en ese mismo municipio o centralidad.

Otra característica que presenta este indicador, sobre todo en las metrópolis de Madrid, Barcelona y Bilbao, es que en los municipios próximos a los nodos centrales, presentan una baja autocontención, debido a que el empleo en estas centralidades es muy diverso y elevado, la población ocupada residente de los mismos se desplaza a dichos CEC y/o subcentros, generando una elevada movilidad laboral y exportación de trabajadores.

6.5.6. *Job ratio*

Este indicador pone en relación a los lugares de trabajo localizado (LTL), no con el conjunto de la población, sino únicamente con aquella que trabaja (POR), es decir, es un indicador económico del municipio. Como ya se ha mencionado en el capítulo V de la metodología, cuanto mayor es éste, mayor es la cantidad de empleos en relación a la población ocupada residente (*p.e.* un polígono industrial, un cuartel militar, serían ejemplos de máximo nivel de este indicador), en términos de movilidad, esto significa una mayor importación de trabajadores. Por el contrario, los municipios con un mínimo o nulo valor de este indicador, podrían ser los municipios dormitorio, aquéllos en los que no existirían empleos para la POR, por lo que además, la autocontención sería también nula o muy baja.

Figura 74. Relación entre el empleo (LTL) y los trabajadores de un municipio (POR) en las principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

La Figura 74 superior muestra el indicador de *job ratio*. Como se acaba de explicar, los municipios que presentan un elevado nivel de este indicador, son zonas en las que

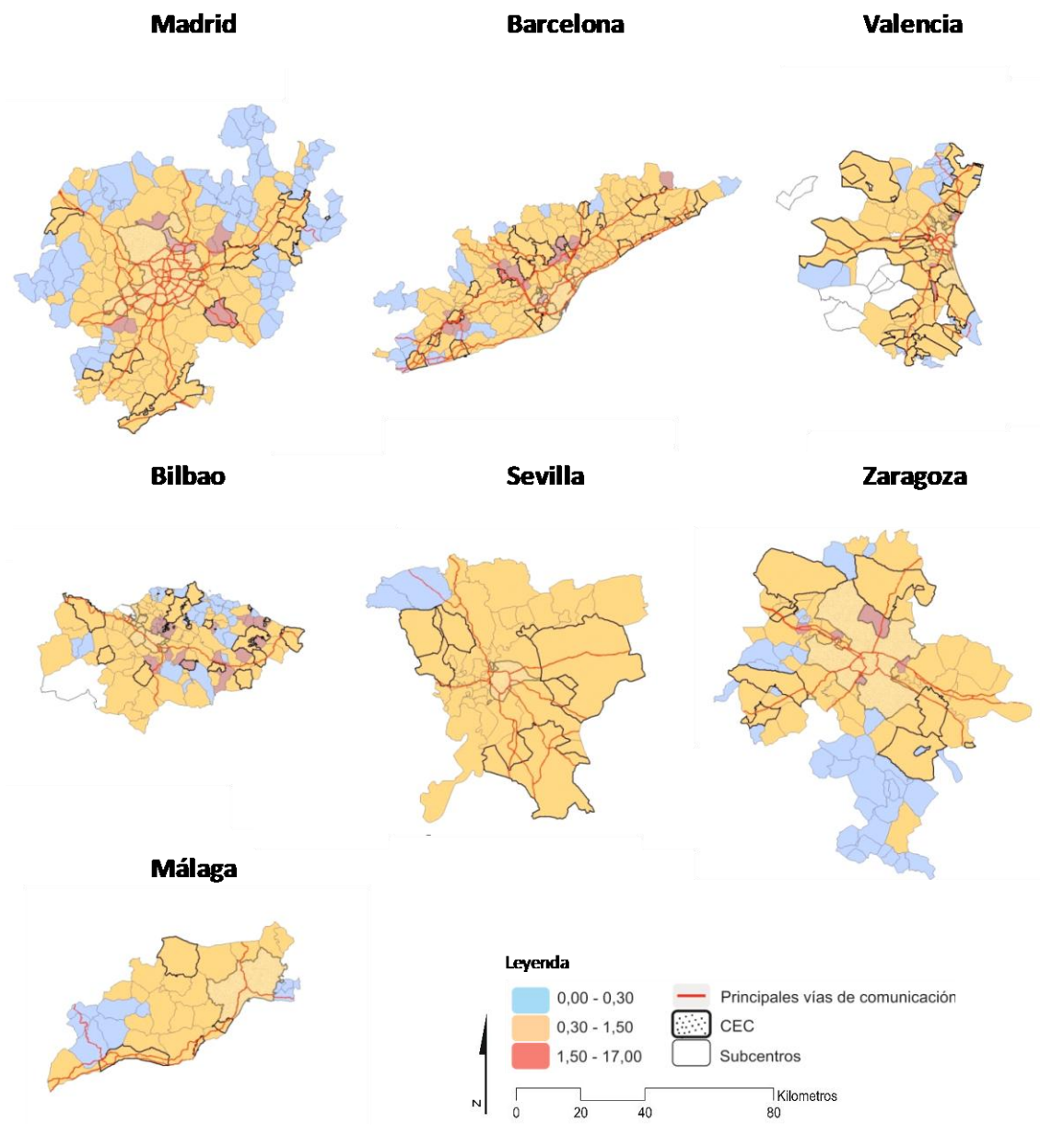
hay más empleo que población trabajadora, llegando al extremo de polígonos industriales o cuarteles militares, en los que el número de empleos en relación con la cantidad de población trabajadora es muy superior, coincidiendo estos municipios con un bajo nivel de autocontención, ya que el porcentaje de trabajadores es mínimo, por consiguiente también los trabajadores residentes. Al observar la figura, se observa que en la mayoría de las metrópolis, estos municipios son próximos a las centralidades y, generalmente, presentan buenas conexiones con las principales vías de comunicación.

En sentido opuesto, están los municipios que tienen unos bajos niveles de este indicador, lo que viene a decir, que podría relacionarse en caso último con municipios dormitorio, lugares en los que el empleo sería prácticamente nulo. En estos casos, la autocontención de los mismos también sería baja, puesto que los trabajadores deben desplazarse y no pueden quedarse a trabajar en el municipio. La localización de estos municipios suele estar en la periferia.

6.5.7. *Job housing balance ratio*

Este *ratio* lo que sugiere es que cuanto más equilibrado sea, es decir, haya más viviendas y empleos para la población dentro de un mismo municipio, las distancias recorridas por los trabajadores serán menores, ya que se reducen las necesidades por las que desplazarse.

Figura 75. Relación entre el empleo (LTL) y las viviendas totales existentes en un municipio en las principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

Al observar la Figura 75, se aprecia cómo en la mayoría de las áreas metropolitanas que se están estudiando, los municipios que tienen más empleos (LTL) que viviendas

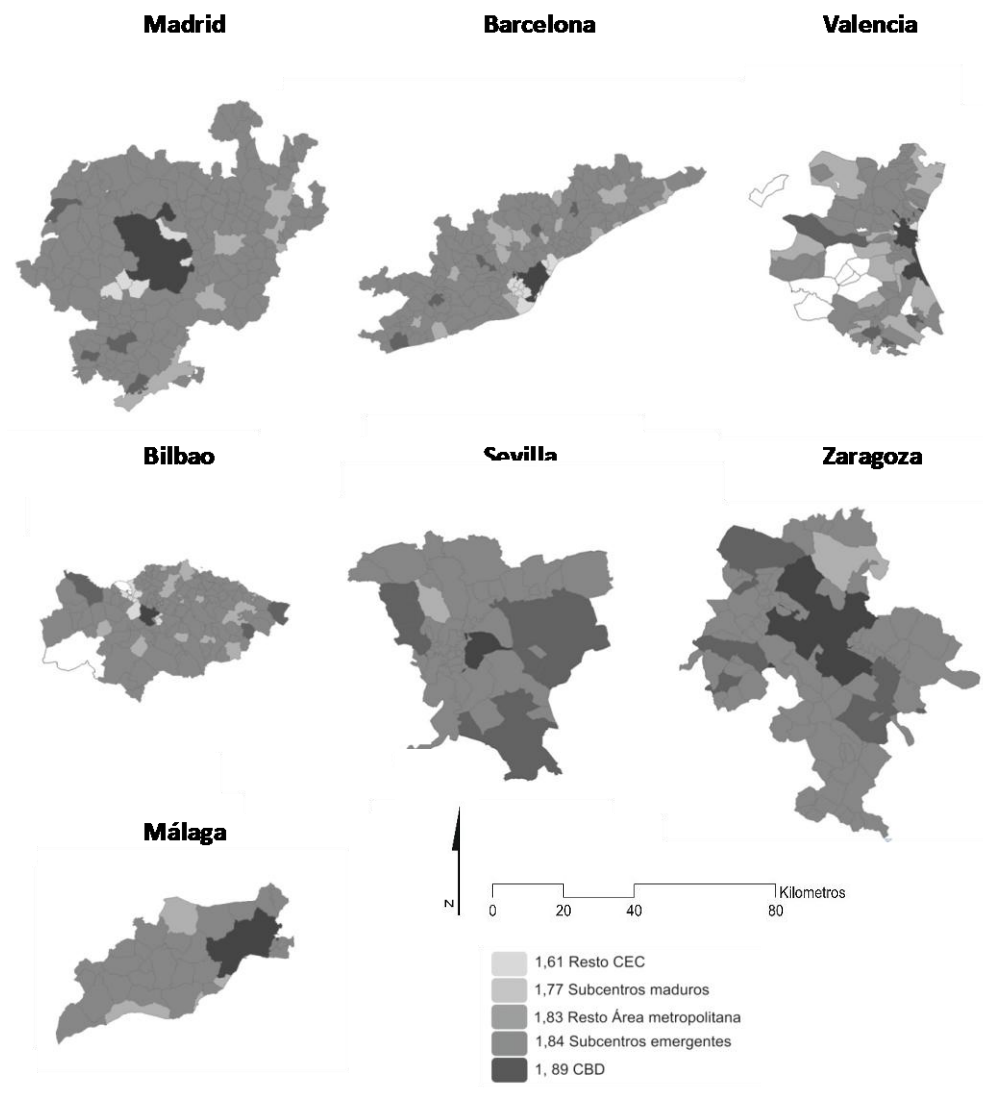
dentro de un mismo municipio, son aquéllos que se encuentran cerca de las centralidades y de las principales vías de comunicación.

Por el contrario, las zonas en las que existen más viviendas que empleos (zonas residenciales), presentan una ubicación más apartada y peor conectada con la red del sistema viario.

6.5.8. Diversidad de tamaño vivienda

El indicador de diversidad de tipología de la vivienda muestra la probabilidad de encontrar un amplio abanico de tamaños de vivienda. En concreto el Censo de Población y Vivienda de 2001, aporta las siguientes categorías: menos de 30m², 30-45 m², 46-60 m², 61-75 m², 76-90 m², 91-105 m², 106-120 m², 121-150 m², 151-180 m² y más de 180 m². Estas dimensiones vienen a referir que una vivienda de más de 180 metros, es muy probablemente una vivienda unifamiliar, mientras que una inferior a 30 metros, es muy posiblemente una vivienda plurifamiliar con un programa arquitectónico modesto.

Figura 76. Diversidad de la tipología de las viviendas dentro de un municipio en las principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

Se espera que cuanto mayor sea la diversidad, menor sea el exceso de movilidad, por cuanto, habría una oferta residencial más diversificada para los diferentes gustos/necesidades/niveles de renta, produciendo ello un menor incentivo para desplazarse a otros municipios en búsqueda de la vivienda deseada/asequible.

Como se aprecia en la Figura 76, a nivel general, los CBD son los territorios más diversos en cuanto a tipología de vivienda se refiere. Este dato es el lógico puesto que son los municipios más grandes e importantes, y eso supone, que la diversidad sea mayor, ya que debe satisfacer a más proporción de la población.

En segundo lugar, aparecen los territorios con mayor nivel de diversidad de tamaño de las viviendas tras el CBD, entre los que se encuentran los subcentros emergentes, que como se han detallado previamente, son territorios de nueva planta producidos por la descentralización. Quizás debido a este hecho es por lo que la diversidad es elevada, ya que al ser desarrollos “nuevos”, pueden presentar políticas territoriales más afines con un balance entre la población y el empleo.

A continuación, y muy de cerca, aparecen los municipios del resto del área metropolitana que no se identifican con ninguna centralidad. La diversidad es similar a los subcentros emergentes y puede deberse a la gran extensión espacial que presenta en el territorio.

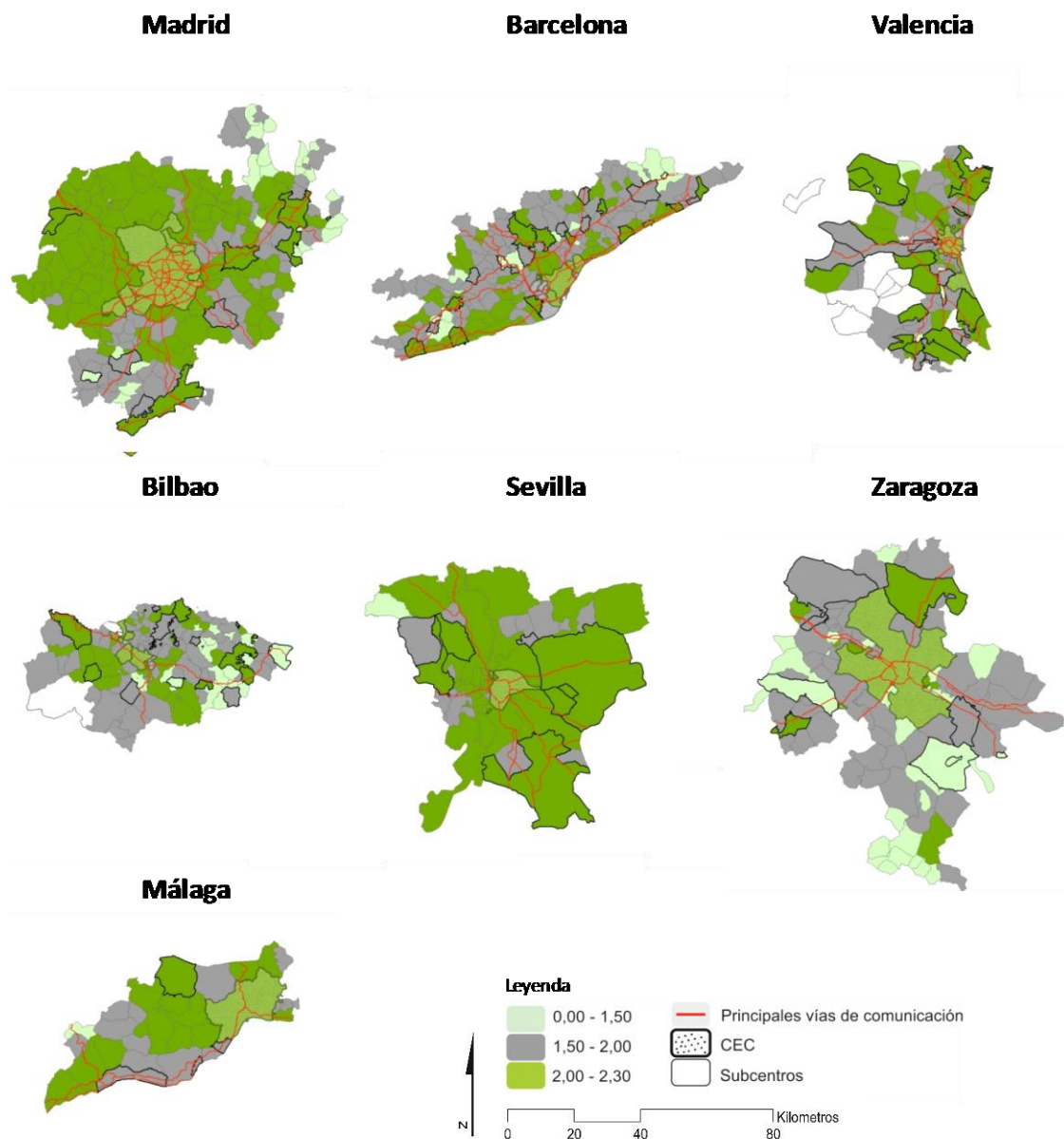
Le siguen los subcentros maduros, territorios que provienen de la integración de centros antiguamente independientes. Siguiendo su definición, es por ese motivo por el que puede que la diversidad sea inferior, debido a que la estructura de la urbanización ya estaba estructurada antes de poseer dicha importancia.

Y por último, aparecen los municipios que conforman los continuos económicos centrales, excepto el CBD, con una diversidad de vivienda inferior. Este hecho se debe a que en las proximidades de los centros de los sistemas metropolitanos, los municipios se encuentran más enfocados a determinados perfiles socioeconómicos. Por ejemplo, municipios con rentas altas caracterizados por viviendas de baja densidad y gran tamaño, o por el contrario, municipios con un marcado carácter obrero, caracterizados por la elevada densidad y bloques de viviendas.

6.5.9. Diversidad sectorial de empleo

La diversidad de la oferta de empleo (diversidad empleo) en los municipios que conforman el sistema metropolitano, cuanto mayor sea ésta, mayor la probabilidad de que la POR, con diferentes perfiles profesionales, pueda encontrar trabajo en el mismo sitio en el que vive, lo cual reduciría la movilidad.

Figura 77. Diversidad sectorial del empleo (LTL) dentro de un municipio en las principales metrópolis españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

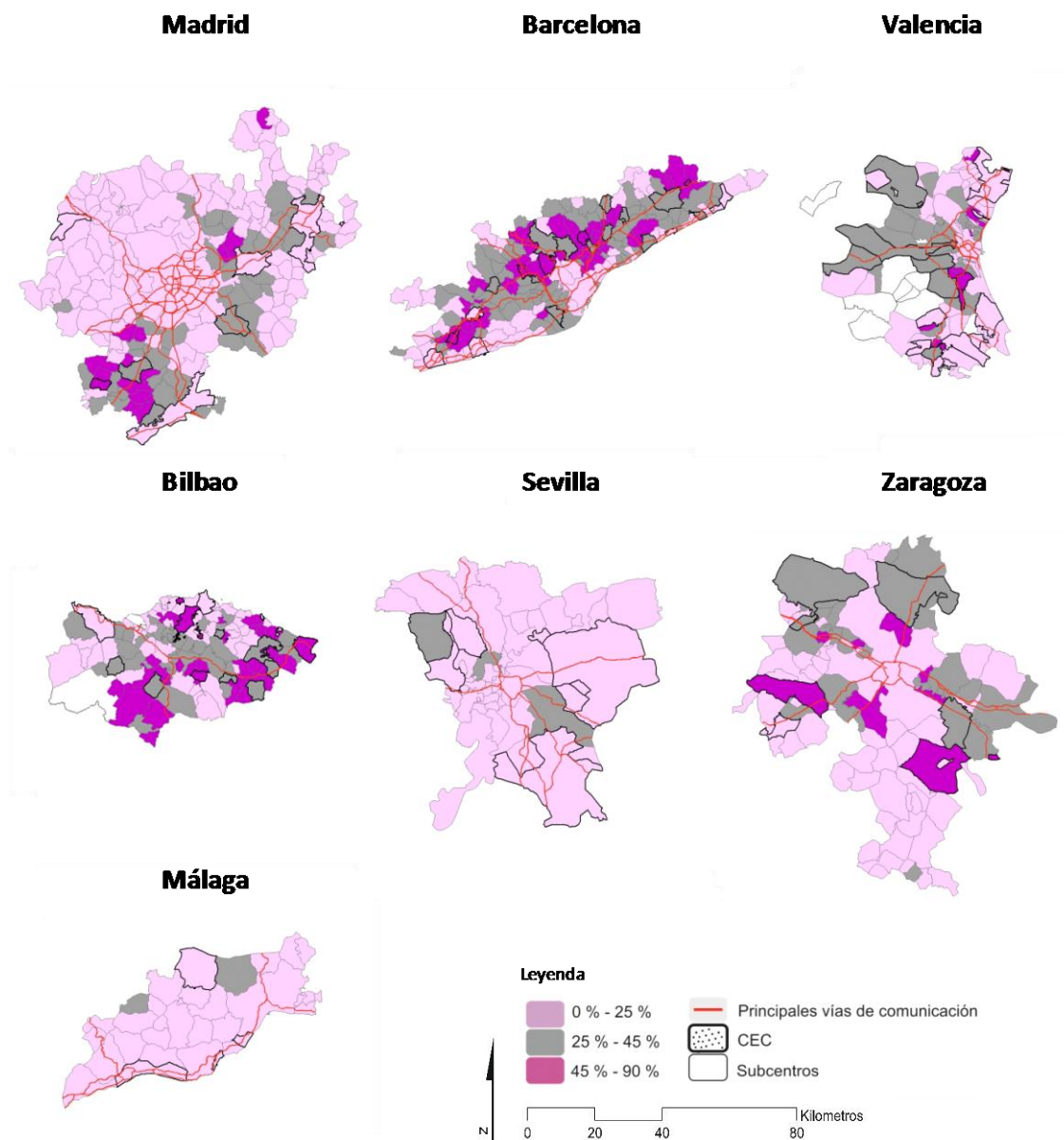
La Figura 77 superior sugiere una imagen bastante homogénea para las siete metrópolis españolas, en donde los municipios que presentan una mayor diversidad en la oferta de empleo, se ubican en los CEC y en algunos subcentros detectados anteriormente.

En algunas metrópolis, como es el caso de Madrid y Sevilla, la elevada diversidad sectorial del empleo, abarca gran parte del área metropolitana. Sin embargo, en la mayoría de los sistemas urbanos se concentran en las centralidades y alrededores.

6.5.10. Indicador del porcentaje empleo industrial

Este indicador de porcentaje de especialización industrial del empleo presenta la existencia de polígonos industriales dentro de los principales sistemas metropolitanos españoles.

Figura 78. Porcentaje de especialización industrial en las principales áreas metropolitanas españolas



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

La Figura 78 establece que son las grandes áreas las que mejor muestran un conjunto de espacios industriales que comparten un mismo territorio, pero responden a enfoques muy dispares, pudiendo caracterizarse tres tipologías según su localización:

Central y ejes de comunicación: donde se observa que existe una fuerte representación de oficinas industriales, resaltando las empresas de carácter manufacturero donde se realizan tareas previas y/o posteriores a la fabricación (p.e. gestión y administración, investigación y desarrollo tecnológico, distribución, etc.), muy relacionadas funcionalmente con el CBD, lo que las aleja de la imagen tradicional de la fábrica.

Periférica: la existencia de polígonos y parques industriales, parques de oficinas, tecnológicos, etc. se benefician de una oferta de suelo e inmuebles mejor adaptada a sus demandas, junto a una buena accesibilidad a las redes de comunicación.

Dispersa: en esta localización descentralizada de la producción industrial, se ubican una serie de pequeños polígonos industriales, de escasa calidad urbanística y otras pequeñas empresas destinadas primordialmente a actividades logísticas y de almacenamiento.

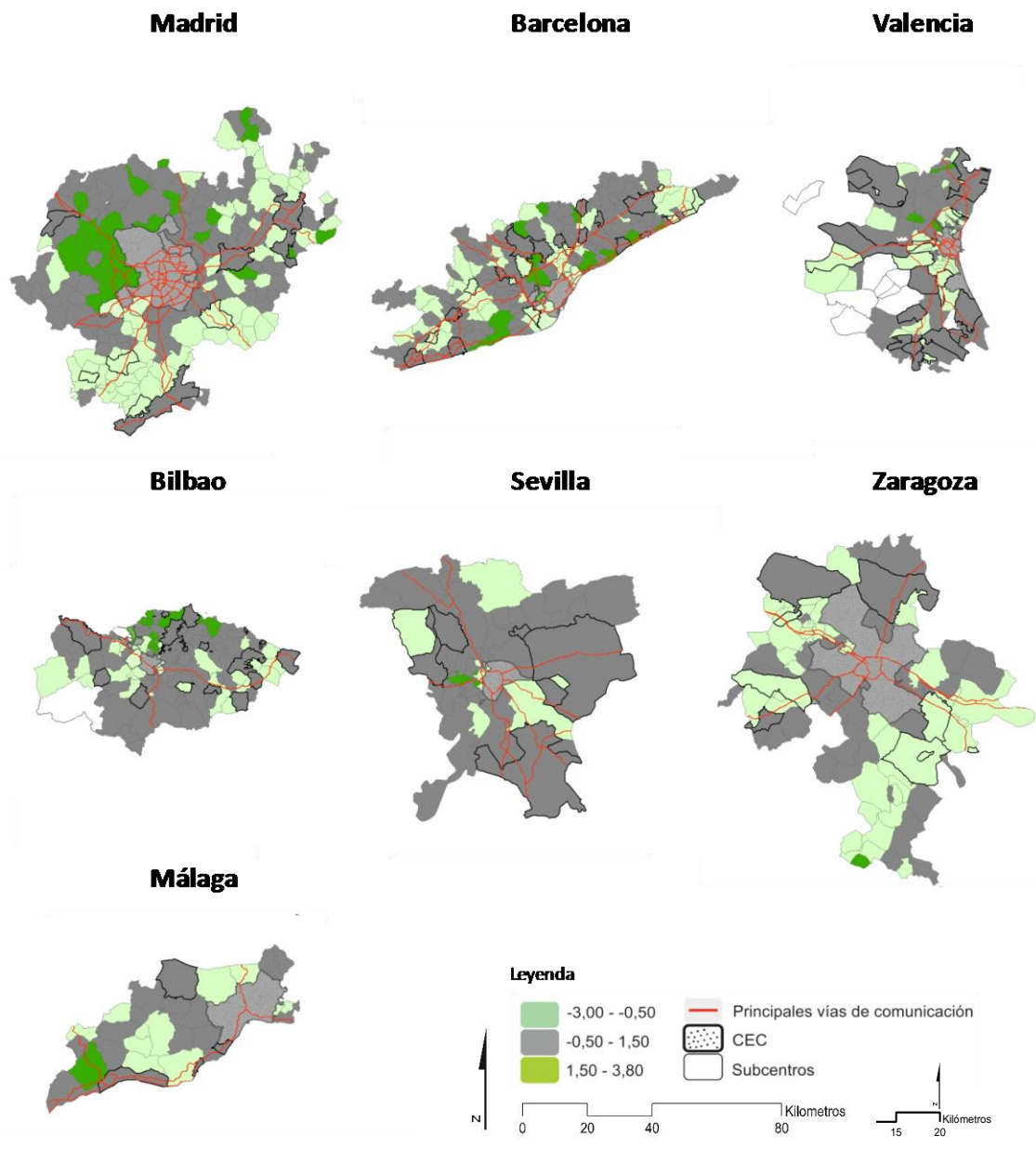
6.5.11. Nivel socio-profesional

El nivel de renta, medido como un indicador sintético fruto de la factorización de la estructura socio-profesional de la población ocupada residente (POR), nos arroja tres indicadores. El primero, corresponde con las rentas altas; el segundo, con las rentas medias- bajas; y por último, el tercero, se refiere a las rentas bajas.

Factorial 1: nivel socioprofesional alto

Cuanto más alto es este indicador, mayor es la presencia de un sector de la población ocupada residente con un nivel socioprofesional alto.

Figura 79. Componente factorial del nivel socioprofesional alto



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

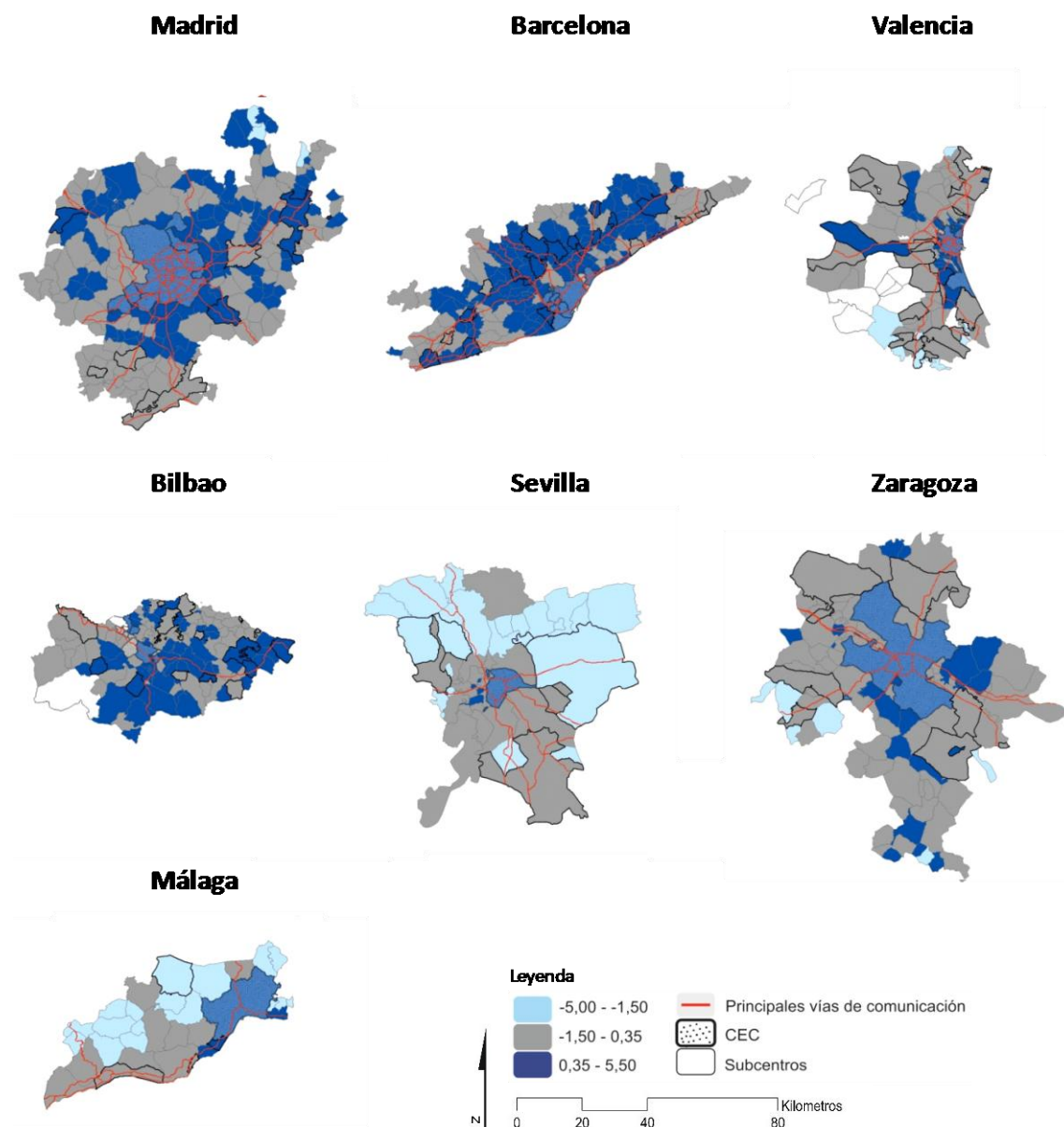
Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

La Figura 79 muestra la localización de la población ocupada residente que tiene unas rentas elevadas debido a su nivel socioprofesional. Esta ubicación, a nivel general, es escasa, sin embargo, su presencia está predominantemente asociada a unas buenas conexiones con la red de comunicación principal de cada metrópolis, y con una cierta distancia respecto de las centralidades, debido en primer lugar, a un mayor contacto con la naturaleza, y en segundo lugar, a que las viviendas en donde suelen residir este sector de la población, son viviendas unifamiliares en donde el consumo de suelo es mayor, por tanto necesitan salir de los altos costes de los nodos centrales.

Factorial 2: nivel socioprofesional medio-bajo

Cuanto más alto es este indicador, mayor es la presencia de un sector de la población ocupada residente con un nivel socioprofesional medio-bajo.

Figura 80. Componente factorial del nivel socioprofesional medio- bajo



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

La representación de este indicador de factorización socioprofesional, muestra en la Figura 80, que los municipios en los que el nivel de rentas es medio-bajo, suelen tener

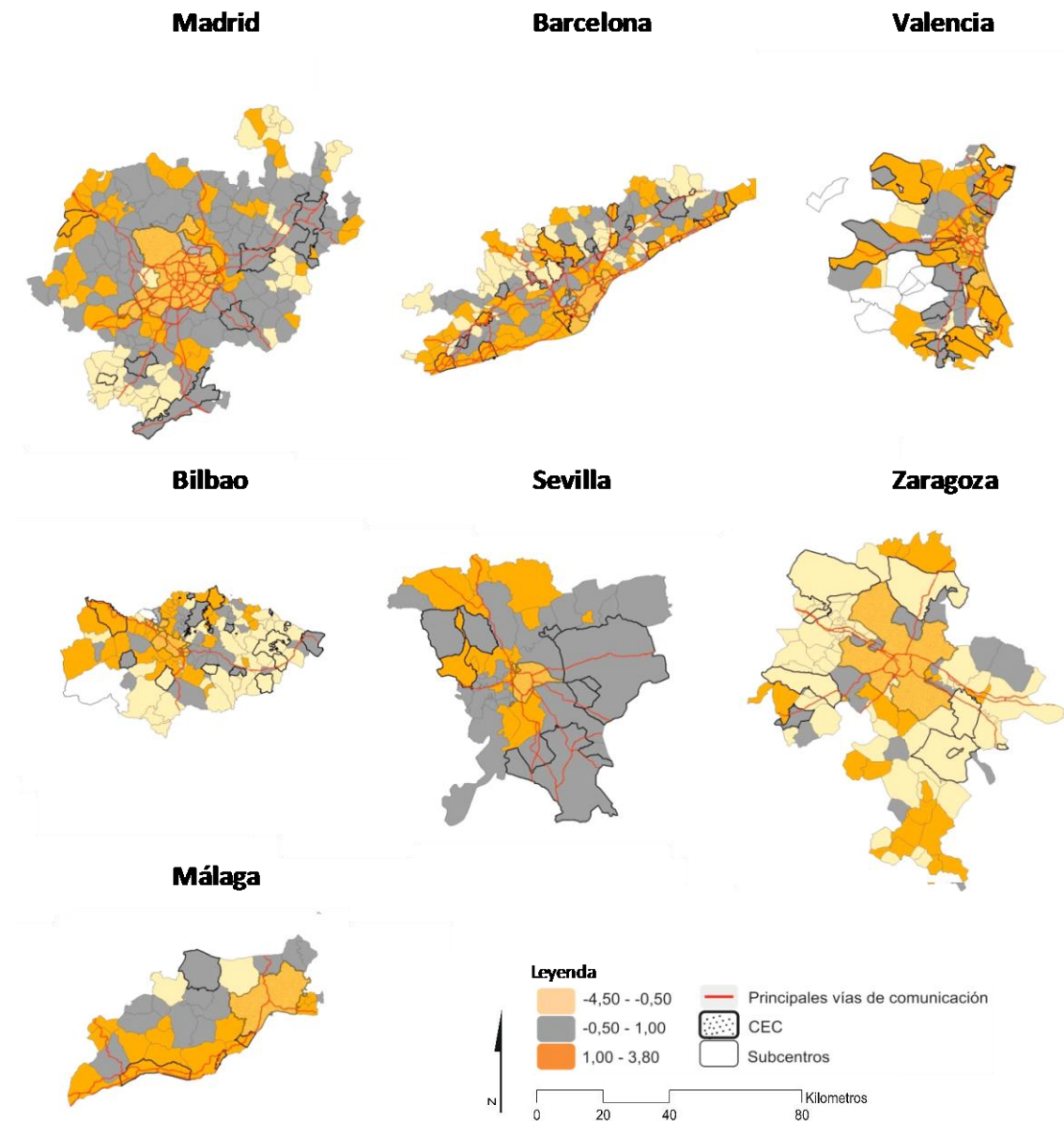
una localización sobre todo central, ya que las centralidades suelen tener una elevada diversidad tanto de vivienda como de empleo, factor que facilita la elección de esta ubicación a la población residente ocupada con un nivel socioprofesional medio-bajo. También se caracterizan por localizaciones con una buena conexión viaria, ya que el poder adquisitivo es menor, por lo que el transporte público es la mejor opción para realizar sus desplazamientos laborales.

Cabe destacar que las metrópolis más grandes (Madrid, Barcelona y Bilbao) presentan una mayor dispersión y extensión de este factor a lo largo del territorio, sin embargo, otros sistemas metropolitanos como el de Sevilla o Málaga, tienden a concentrarse más en el CEC.

Factorial 3: nivel socioprofesional bajo

Cuanto más alto es este indicador, mayor es la presencia de un sector de la población ocupada residente con un nivel socio profesional bajo.

Figura 81. Componente factorial del nivel socioprofesional bajo



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo (2001) y del Corine Land Cover (2000)

Nota: los municipios con silueta negra son los identificaados como subcentros de empleo ; mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan una íntima relación funcional con el CBD, a esta área los autores la han llamado "continuo económico central", CEC.

Por último, la Figura 81 de arriba representa a una proporción de trabajadores cuyas rentas son bajas, es decir, están asociados a trabajos de poca cualificación, por lo que

las centralidades (CEC y subcentros) son los que mayor diversidad residencial y laboral tienen, y por tanto, pueden ofrecer una mejor oferta en este sentido, a la vez que en estos escenarios, al existir dicha diversidad, la movilidad laboral se vería reducida, por lo que los costes de transporte asociados a los desplazamientos laborales serían mínimos.

En las metrópolis de costa (Barcelona, Bilbao, Málaga y Valencia), la localización no se da en mayor medida en las centralidades, sino que también en el litoral, ya que tiene aproximadamente, en cuanto a diversidad residencial y laboral, similares características.

6.6. Resultados de la relación entre la movilidad y el policentrismo

Como se ha ido diciendo a lo largo de esta investigación, la segunda hipótesis trata la cuestión si en un sistema policéntrico, con la población y el empleo distribuido entre sus núcleos interconectados y complementarios, la movilidad laboral, se ve influida por la presencia de los subcentros. Es decir, discutir si los subcentros influyen en reducción de los *commuting* en términos de distancia (Km).

En este apartado, una vez que se ha caracterizado la movilidad laboral mediante la construcción de indicadores simples de distancia recorrida en el capítulo, se pretende poner en relación ésta con el nivel de policentrismo de cada sistema metropolitano.

6.6.1. ¿Influye el tamaño y forma de las ciudades sobre la movilidad laboral?

Los datos aportados por el Censo de 2001, muestran que en esa fecha, en las principales metrópolis españolas, habían aproximadamente unos 6,3 millones de personas que trabajaban (población ocupadas residente). Estas personas recorrían unos 56 millones de kilómetros, lo que resulta en unos 8,9 km de media (o el doble si se considera ida y vuelta desde la vivienda hasta el trabajo).

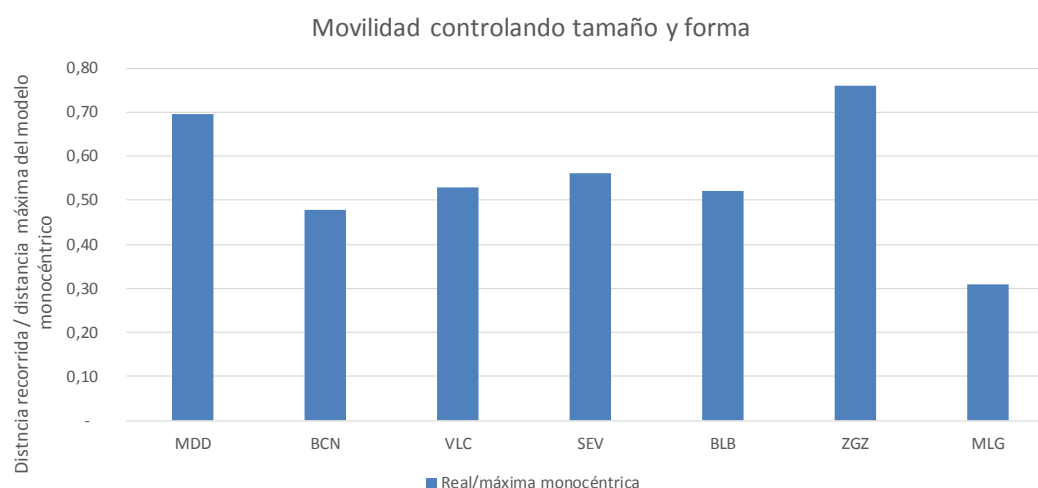
Seguidamente, vamos a analizar la movilidad laboral desde el punto de vista morfológico, es decir, primero, desde el tamaño; y segundo, desde la forma de las áreas metropolitanas.

Ahora bien, si ponemos el foco de atención en el tamaño urbanizado de las principales metrópolis, se observa que los desplazamientos recorridos por los *resident workers* son más pequeños en el área metropolitana de Zaragoza, ya que es la metrópolis más pequeña. Sin embargo, este no puede ser el único criterio por el que se justifique la longitud de los recorridos.

Si a continuación, nos fijamos en la forma (geometría, continuidad y topografía) existente hacia el interior de las metrópolis, es decir, en sus accidentes hidrográficos u orográficos, en las zonas agrícolas o de reserva natural, en el mar, etc., veremos que estas características influyen de manera directa en la distancia de los desplazamientos que recorre la población.

Como se desarrolla en el capítulo V de la metodología, el *ratio* se construye cuando se pone en relación el recorrido real observado con el recorrido desde el lugar de residencia hasta el centro (máxima movilidad). Por tanto, cuando el *ratio* se aproxima a 1, mayor es la movilidad, una vez controlado el tamaño y la forma, toda vez que el modelo monocéntrico en destino es uno de los que maximizan los desplazamientos.

Figura 82. Movilidad observada y monocéntrica



Metrópolis	Distancia recorrida total (Km)		Distancia media recorrida (Km/ocupado)		
	Real	Modelo de movilidad máxima (monocéntrico)	Real	Modelo de movilidad máxima (monocéntrico)	Real/Máxima monocéntrica
Zaragoza	1.724.711	2.270.388	6,1	8,0	0,76
Madrid	25.654.569	36.895.724	11,0	15,8	0,70
Sevilla	3.104.482	5.524.814	7,3	12,9	0,56
Valencia	4.793.797	9.072.512	7,3	13,8	0,53
Bilbao	3.520.702	6.745.004	8,2	15,7	0,52
Barcelona	14.937.488	31.284.951	8,1	16,9	0,48
Málaga	2.460.540	7.928.167	7,2	23,3	0,31

Fuente: elaboración propia

En la Figura 82 se observa cómo en Zaragoza, Madrid y Sevilla, el *ratio* relativizado por la forma y el tamaño, es decir, el desplazamiento real de las personas trabajadoras, es más parecido al desplazamiento monocéntrico o máximo, lo que se traduce en unos recorridos diarios mayores. Por ejemplo, en Madrid, la POR se desplaza unos 25,6 millones de km, pero si Madrid fuese perfectamente monocéntrica, entonces dicho desplazamiento, escalaría hasta los 36,8 millones de km, siendo el

ratio de 0,70 (25,6/36,8), es decir, la movilidad real madrileña es un 70% de la máxima del modelo monocéntrico.

De forma contraria ocurre en las áreas metropolitanas de Valencia, Bilbao, Barcelona y Málaga, en donde la movilidad real de la población ocupada se aleja más de aquella movilidad máxima correspondiente al modelo monocéntrico, por lo que las distancias recorridas relativizadas son menores. Así por ejemplo, la población ocupada residente (POR) en el área metropolitana de Barcelona, recorre unos 14,9 millones de kilómetros, si todo el empleo estuviese concentrado en su centro, el recorrido tendría que ser de unos 31,28 millones de km, con lo cual el *ratio* es de 0,48 (14,9/31,28), es decir, la movilidad real es un 48% de la máxima que supone el modelo utópicamente monocéntrico.

Así pues, las dos grandes áreas metropolitanas en España, con una población y superficie muy similar (siendo Madrid un 25% y un 15% más grande en términos de empleo y superficie artificializada respectivamente), tienen patrones de movilidad muy diferentes, incluso después de haber ponderado la forma y la diferencia de tamaño de las mismas.

6.6.2. ¿Influye el nivel de policentrismo de las ciudades en la movilidad laboral?

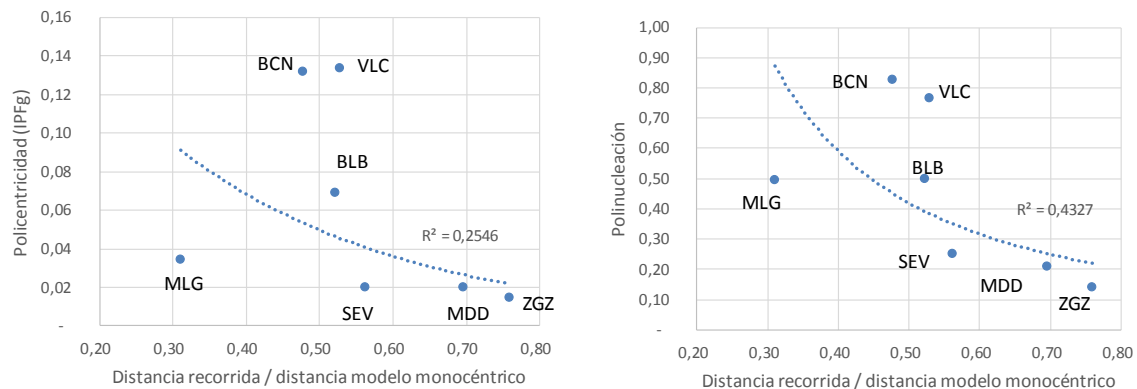
Una vez controlado el tamaño y la forma, a continuación, se procede a analizar si la estructura policéntrica tiene relación con la movilidad. Para ello, se construyen unos gráficos de dispersión, en donde en los ejes de las ordenadas se han dispuesto los dos indicadores del policentrismo. Con esto, lo que se quiere estudiar es, por un lado, si el número de núcleos, la importancia relativa del empleo en los mismos y su equipotencialidad, influyen en los patrones de movilidad laboral (Marmolejo *et al.*, 2012b).

Y por el otro, ver si la intervencionalidad funcional de los subcentros y con el entrono, también modifican los desplazamientos de los trabajadores (Marmolejo *et al.*, 2013). Hay que tener en cuenta que cuanto más grande es el valor de ambos indicadores, mayor es la forma y el funcionamiento policéntrico respectivamente.

A continuación, se muestra la correspondencia que existe entre los dos indicadores del policentrismo y la distancia relativizada. En la Figura 83 se aprecia que hay una notable relación de inversa proporcionalidad entre la movilidad relativizada y el

policentrismo. De hecho, cuanto mayor son los indicadores de policentrismo de las metrópolis en los gráficos de dispersión, menor es la movilidad de las personas ocupadas una vez ponderadas las diferencias de tamaño y forma.

Figura 83. Relación entre los indicadores de policentrismo y la movilidad relativizada



	Distancia media recorrida (Km/ocupado)		Indicadores de Policentrismo	
	Real/Máxima monocéntrica		Policentricidad (PGF)	Polinucleación (entropía LTL subcentros)
Madrid	0,70		0,02	0,21
Barcelona	0,48		0,13	0,83
Valencia	0,53		0,13	0,77
Sevilla	0,56		0,02	0,25
Bilbao	0,52		0,07	0,50
Zaragoza	0,76		0,01	0,14
Málaga	0,31		0,03	0,50

Fuente: elaboración propia

Observando la Figura 83, se ve que Málaga vuelve a ser un caso excepcional, y de hecho, la línea de ajuste mejoraría si se eliminase el sistema metropolitano malagueño, ya que éste se comporta como un *outlier*. Recordemos que esta área metropolitana era un caso especial debido a dos motivos: en primer lugar, a que morfológicamente presenta una bipolaridad entre Málaga y Marbella; y segundo, es el único caso de las demás metrópolis en el que el centro envía más trabajadores a la

periferia, y no al revés, lo que se traduce en que es más policéntrica a nivel formal que funcional. Tras este estudio, se puede decir, que la movilidad laboral, es menor que la que se esperaba debido a su nivel de policentrismo.

Los gráficos superiores también muestran el gran contraste que existe entre las dos grandes metrópolis españolas, Madrid y Barcelona. Ya que se sitúan en extremos opuestos en los gráficos de dispersión, lo que destaca las notables diferencias de longitud de los desplazamientos de los trabajadores. Esto se debe a que Madrid es una metrópolis que responde al modelo monocéntrico, tanto a nivel morfológico como funcional (0,70 en el caso de Madrid y 0,48 en el caso barcelonés). Al contrario de Barcelona, que es la metrópolis más policéntrica desde las dos perspectivas de todas las áreas metropolitanas españolas que se están analizando.

De estos resultados se puede establecer dos conclusiones.

La primera es, que el modelo policéntrico de las ciudades influye en los desplazamientos recorridos por la población ocupada residente, a la vez que cuantos más subcentros tiene una metrópolis, más equipotenciales sean y mayor porcentaje de empleo haya en ellos (polinucleación o policentrismo morfológico), menor será la longitud de los recorridos laborales.

La segunda conclusión, responde a que cuando la relación funcional entre subcentros, y con los municipios de su entorno (policentricidad o policentrismo funcional) sea mayor, menor serán los desplazamientos de las personas ocupadas.

Por tanto, a mayor nivel de policentrismo (aunando las dos perspectivas analizadas, la polinucleación y la policentricidad), menor longitud de *commuting*.

6.6.3. La influencia de la movilidad laboral ¿de qué factores depende?

Una vez que se han analizado los aspectos morfológicos (forma y tamaño) de la movilidad, y estructurales (policentrismo), a continuación, se estudia otro conjunto de variables que inciden en las pautas de los desplazamientos laborales. Para ello se ha realizado una tabla con datos que reflejan las medias ponderadas de los indicadores calculados a escala municipal, y que pone en relación, las características de los cuatro entornos metropolitanos y las pautas de movilidad de sus residentes.

En la Tabla 24 se observan las diferencias entre los distintos entornos, y se ven marcadas tendencias opuestas, centro-periferia y subcentros maduros- emergentes.

En primer lugar, con respecto de los municipios periféricos, se puede afirmar que los centros son más densos; más diversos en estructura económica y en la renta de la población; teniendo, además, menos desfase a nivel de la cualificación de la oferta y la demanda de la mano de obra; y atraen trabajadores (*commuters*).

Tabla 24. Caracterización de los diferentes entornos metropolitanos según una selección de variables urbanísticas y del mercado laboral

	Continuo Económico central (CEC)	Subcentros maduros	Subcentros emergentes	Resto de las AM
Estaciones/10.000 hab	0,68	0,45	0,75	0,67
Accesos/10.000 hab	0,37	1,11	2,17	1,71
Diversidad de viviendas	1,38	1,77	1,84	1,83
Densidad (LTL+POB)/sup. Artificializada	18.104	7.760	4.615	4.390
% Industria	0,13	0,27	0,33	0,28
Diversidad LTL	2,18	1,99	1,87	1,94
Desfase cualificación CNO	0,08	0,13	0,17	0,22
Desfase cualificación CNAE	0,10	0,14	0,23	0,27
Job ratio (LTL/POR)	1,04	0,98	1,14	0,92
LTL/viv. Total	0,91	0,79	0,76	0,72
Rentas Altas (Directivos, tec. Superiores, etc.)	0,82	0,23	0,11	0,20
Rentas Medias (tec. Medios, administrativos)	0,65	0,31	0,09	0,23
Rentas Medias bajas (serv. Personales, no cualificados)	1,01	0,54	0,11	0,31
Recorrido medio (km por persona)	7,50	7,30	10,00	11,90
Índice de exceso de movilidad	2,27	3,43	4,66	15,11

Nota: Los datos se refieren a las medias ponderadas de los indicadores calculados a escala municipal

Fuente: elaboración propia

A continuación, observando las diferencias entre los subcentros maduros y emergentes, se puede decir que los núcleos más recientes están mejor dotados a nivel de infraestructuras de comunicación, especialmente en el transporte viario. A la misma vez, los subcentros emergentes tienen unos niveles de *job ratio* (concentración de empleo por persona ocupada) mayores que los subcentros más antiguos, en especial de empleo industrial. Debido a esto, la diversidad económica es reducida y la renta del suelo se caracteriza por responder a una población de renta media-baja.

En la tabla también se observa la variable de exceso de movilidad entre los diferentes entornos. Este índice, en los municipios pertenecientes al resto del área metropolitana que no son ni centros ni subcentros, toma valores realmente elevados, queriendo decir que los trabajadores que residen en esos municipios, realizan desplazamientos 15,11 veces más largos que los desplazamientos mínimos o requeridos. Este dato aunque sorprende, se entiende si nos fijamos en las variables de desfase de cualificación sectorial y ocupacional, en los municipios con baja densidad urbana y dispersión territorial, la tasa de autocontención es de las más bajas en todo el conjunto de los sistemas metropolitanos.

La variable de exceso de movilidad en los entornos de los subcentros, maduros (3,43) y emergentes (4,65), es superior al del centro (2,27). El exceso de esta variable, que seguramente se desarrolle en automóvil, es debido a varios factores; primero, a que en los subcentros las velocidades de desplazamiento son más elevadas que en los centros; segundo, que no existe el mismo nivel de congestión; y tercero, porque en estos núcleos, las infraestructuras de transporte tienen una velocidad mayor. Hay que destacar que el exceso de la movilidad, lo medimos en distancia y no en tiempo, pero estos hechos ayudan a que los excesos de los desplazamientos sean mayores.

El motivo por el cual el valor de esta variable es superior a la unidad en todos los entornos, se debe a la elección de la residencia por parte de los trabajadores, ya que ésta no es la más óptima en el sentido de la minimización de los costes de desplazamiento según la teoría estándar de la economía urbana.

El siguiente y último paso es el de mostrar el modelo de regresión simple que se ha realizado para ver la relación existente entre la movilidad laboral (representada con el logaritmo natural de la variable de exceso de movilidad) y las demás variables que se han detallado, con el fin de que se puedan llegar a entender los factores que influyen en los patrones laborales de las personas ocupadas, tal y como se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. Modelo de regresión explicativo del exceso de movilidad

R	0,52		
R cuadrado	27,3%		
R cuadrado corregida	26,2%		
Error típ. de la estimación	0,82		
		B	t
Dimensión	Constante	0,86	2,23
T	Estaciones/10.000 hab		
	Accesos autop/10.000 hab	0,00	3,49
EU	% Industria	1,04	4,65
	Diversidad de viviendas	-0,49	-2,51
	Job ratio^2	-0,03	-5,80
	LTL/Viv tot	0,51	5,66
	Distancia al CBD	0,01	3,23
MT	Complejidad orográfica	0,14	2,34
I	Bilbao	0,41	3,83
	Valencia	0,59	5,86
	Málaga	-0,47	-2,86
	Zaragoza	0,34	3,32

Variable dependiente: Ln del índice del exceso de movilidad

Método de introducción por pasos sucesivos, sólo se reportan las variables significativas al

T= Transporte, EU= Estructura Urbana y laboral, MT=Matriz Territorial, I= Instrumental

Fuente: elaboración propia

El modelo de regresión recoge el conjunto de dimensiones analizadas y es capaz de explicar el 26% del exceso de movilidad, lo cual en sí es relevante debido a que:

- La forma y estructura urbana han sido controladas previamente;
- y al enorme número de variables que afectan las decisiones laborales/residenciales.

En dicho modelo, de acuerdo con los coeficientes beta contruidos sobre las variables tipificadas (no reportados en el cuadro), el principal factor que motiva el exceso de movilidad es el *ratio* empleo/vivienda (*job ratio*), si bien la relación no es lineal (por esa razón es negativo el signo del cuadrado del *job ratio* que interactúa con el *ratio* anterior según el estadístico VIF).

A continuación, entra en el mismo sentido de incrementar la movilidad el porcentaje de industria. Es decir, que los monocultivos de actividad económica, incentivan el exceso de movilidad, especialmente aquéllos que por estar orientados a la actividad secundaria, dada sus pautas locativas, no favorecen la diversidad de la actividad económica.

Enseguida aparece también con el signo esperado, la distancia al centro metropolitano y el acceso a las vías de alta velocidad (debidamente modulado por la población a la que sirven). Por tanto, cuanto más periféricos son los municipios, y especialmente si están conectados a la red viaria de alta velocidad, mayor es el exceso de movilidad, hecho que seguramente se ha acentuado en el decurso del periodo 1996-2009 caracterizado por importantes procesos de descentralización demográfica, incluso de población ocupada, cuyo lugar de trabajo permanecía en el sitio original de residencia; hecho también constatado por Cervero y Wu en San Francisco.

En sentido positivo, entra también la complejidad orográfica, lo cual es significativo de que las zonas más escarpadas, en donde difícilmente se alcanzan densidades de actividad económica importantes, tienen también pautas acentuadas de exceso de movilidad.

Finalmente, pero no menos importante, entra en acción el único factor, de los estudiados, cuyo impacto va en el sentido de reducir el exceso de movilidad: la diversidad de la vivienda. Cuanto más diverso es el parque residencial, en su vector de dimensión/tipología, mayor es la probabilidad que la población encuentre la vivienda que satisface las aspiraciones de su *lifestyle* (en el caso de los grupos de más renta), o que simplemente le resulta asequible (en el caso de los grupos de menor nivel de renta). Así, una política de cohesión social basada en políticas de suelo y vivienda, puede convertirse, a la luz de nuestros resultados, en una política con incidencia medioambiental. Es este el principal hallazgo inesperado de nuestra investigación.

Como síntesis de este apartado, se puede decir que desde una perspectiva simultánea, los resultados sugieren que efectivamente, el policentrismo produce

beneficios sobre la eficiencia de la urbanización, y más aún si está vinculado con una adecuada política de diversificación de los usos de suelo, y a su interior, de vivienda y empleo, tal que permita encontrar oportunidades laborales acordes a la cualificación de la población, y a su vez, viviendas acorde a las necesidades y capacidades económicas de los hogares.

6.6.4. ¿Difieren los patrones de movilidad de la población según resida o no en los subcentros?

Hasta el momento, se ha visto que las metrópolis con características más policéntricas, una vez que se ha tenido en cuenta el tamaño y la forma, presentan menor longitud en los desplazamientos laborales que tienen que recorrer la población ocupada. No obstante, no basta tan sólo con que existan rasgos policéntricos en nuestras ciudades, sino que también se debe analizar, si los patrones de movilidad laboral se ven modificados en función de los entornos en donde residan los trabajadores.

Como se ha descrito en el capítulo V de la metodología, se han clasificado a los municipios en cuatro categorías (continuo económico central, subcentros maduros, subcentros emergentes y resto del área metropolitana).

Si se empieza por analizar el municipio de residencia de los trabajadores, en la Tabla 26, se observa que según el Censo de Población y Vivienda de 2001, el total de trabajadores para el conjunto de las siete áreas metropolitanas era de 6,3 millones, de los cuales, la mitad vivía en el continuo económico central (CEC) (58%). En los subcentros, tan sólo un 14% de la población ocupada residente, de los cuales, la gran mayoría (12%) reside en los subcentros maduros, y tan sólo un 2% en los emergentes. Estos datos reflejan el hecho de que en España, el proceso del policentrismo se deriva de procesos de integración de antiguos centros independientes y no de la descentralización (Muñiz *et al.*, 2008). Por último, cabe destacar el 28 % de la POR que no reside ni en los subcentros, ni en el centro, sino que reside en los municipios periféricos del *hinterland*, a lo que se le ha llamado resto del área metropolitana.

**Tabla 26. Datos de Población ocupada residente y *resident workers* según Censo 2001
(conjunto de las 7 AM)**

Clasificación municipios	POR	% POR	RW	Tasa de Autocontención (% RW)
Continuo económico central	3.665.656	58%	2687393	73%
Subcentros maduros	733.897	12%	459219	63%
Subcentros emergentes	134.008	2%	80129	60%
Resto AM	1.790.289	28%	714589	40%
Conjunto de las 7 AM	6.323.850	100%	3941330	62%

Fuente: elaboración propia

A continuación, si se analiza el municipio de trabajo de la POR, es decir, el porcentaje de los *resident workers* (RW) que se quedan a trabajar en el mismo municipio en el que residen o también conocido como tasa de autocontención, los datos arrojados por la Tabla 26 según el Censo de Población y Vivienda de 2001 dejan ver que, del total de los trabajadores (6,3 millones), existe un 62% que trabaja en el mismo municipio de residencia. En los CEC's es donde más autocontención se produce (73%), hecho esperable, debido a la localización de la actividad económica y diversidad en la tipología de viviendas. Posteriormente, le siguen los subcentros maduros (63%) y muy de cerca los subcentros emergentes (60%). Finalmente, se observa un notable descenso en los municipios pertenecientes al resto del área metropolitana, caracterizados por la baja densidad (40%).

Como ya se ha adelantado, la tasa de autocontención, es uno de los primeros indicadores que muestran que cuanto más centrales y maduros sean los tejidos de un municipio, mayor potencial de retención tendrán para sus residentes ocupados.

Seguidamente, se analiza la distancia diaria de los viajes laborales (sólo ida hogar-trabajo), teniendo en cuenta que la gran mayoría de los *commuting* metropolitanos son de carácter intermunicipal.

Distancia recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas

En este apartado se analizan, en primer lugar, los *commuting* diarios de las personas ocupadas residentes sin el sesgo de la superficie de los diferentes tipos de territorio, con el fin de poder comparar las distancias de los diferentes entornos metropolitanos.

Para ello, se han calculado unas distancias recorridas por día desde la vivienda al lugar de trabajo. La corrección se ha llevado a cabo mediante tres radios:

- Radio híbrido: el área híbrida es el promedio ponderado del área urbanizada y la territorial, siendo el ponderador de la primera la tasa media de autocontención.
- Radio territorial: el radio territorial en las áreas metropolitanas costeras se calcula a partir de encontrar el radio del semicírculo cuya superficie es equivalente a la superficie territorial del AM.
- Radio suelo artificializado: del área artificializada.

Estos tres radios se han utilizado para calcular las nuevas distancias: para las distancias totales, se ha utilizado el radio híbrido; para las externas, el radio territorial; y para las internas, el radio de suelo artificializado.

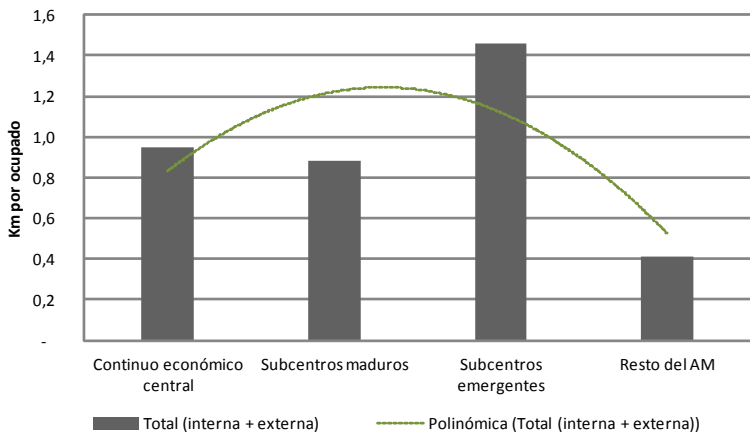
A continuación, cada distancia se analiza sin tener en cuenta las diferencias por tamaño del territorio, para así observar si este factor determina los patrones de movilidad laboral.

- Distancias totales

La línea de tendencia de las distancias totales (externa + interna), según se muestra en la Figura 84, es que sigue una directriz creciente conforme nos alejamos del centro del sistema metropolitano hasta llegar al resto del área metropolitana, en donde vuelve a decrecer muy por debajo de los demás territorios. De este modo, la distancia total en los CEC's es de 0,9 km por trabajador. En los subcentros maduros, sigue estable a 0,9 km, y sigue creciendo en los subcentros emergentes hasta 1,5 km, en donde existen los recorridos más largos, debido a la óptima localización caracterizada por la buena

conexión con las vías de comunicación (viarias y ferroviarias), o bien por la especialización del empleo y/o la baja diversidad de la tipología de vivienda.

Figura 84. Distancia total recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas controlando el tamaño de los municipios



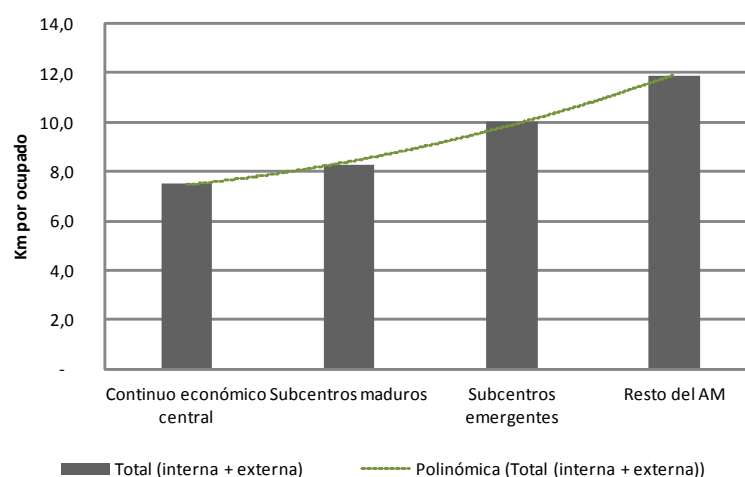
Clasificación de municipios	Distancia (km por ocupado)
	Total (interna + externa)
Continuo económico central	0,9
Subcentros maduros	0,9
Subcentros emergentes	1,5
Resto del AM	0,4
Conjunto AM	0,3

Fuente: Elaboración propia

En los municipios que no están situados en el centro ni en los subcentros, la distancia recorrida por personas ocupada es de 0,4 km. De este modo, se concluye que las personas que residen en las centralidades maduras, recorren menos distancia en sus viajes laborales. El cómputo global para el conjunto de las siete áreas metropolitanas da una distancia total media de 0,3 km.

Si ahora queremos observar la distancia media recorrida por cada trabajador en cada tipo de territorio, en la Figura 85, se observan estas distancias con la salvedad de que no se han tenido en cuenta las diferencias de tamaño entre un territorio y otro.

Figura 85. Distancia media total recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios



Clasificación de municipios	Distancia media (km por ocupado)
	Total (interna + externa)
Continuo económico central	7,5
Subcentros maduros	8,3
Subcentros emergentes	10,0
Resto del AM	11,9
Conjunto AM	8,9

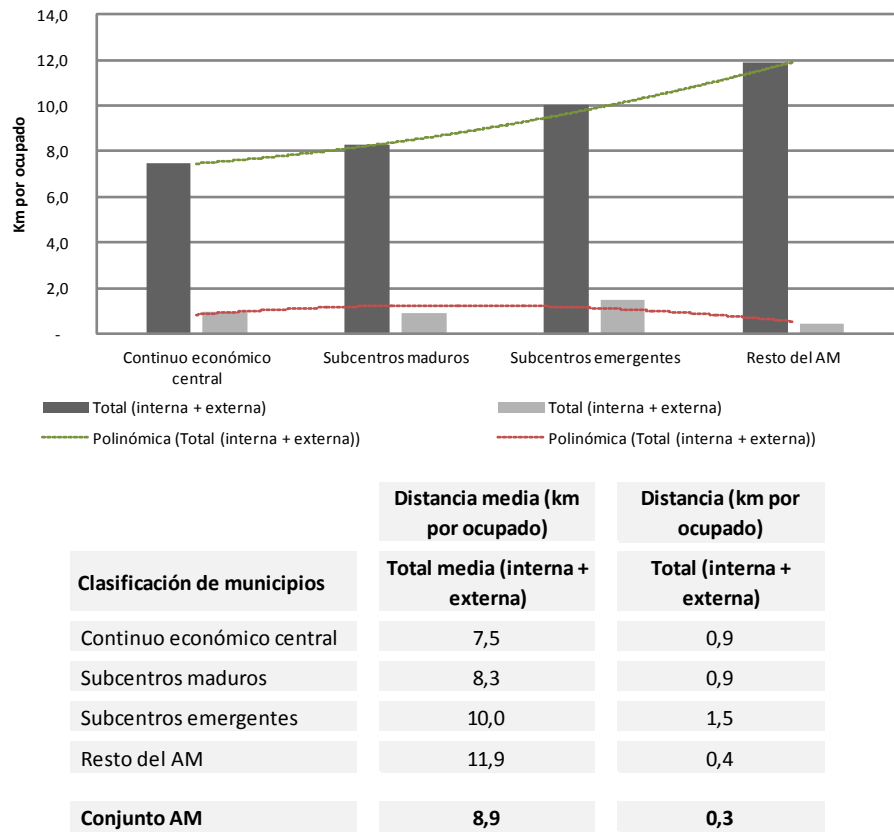
Fuente: Elaboración propia

Según se muestra en la Figura 85, la distancia media total en los continuos económicos centrales es de 7,5 km por trabajador. En los subcentros maduros, aumenta a 8,3 km, y sigue creciendo en los subcentros emergentes hasta 10 km. En los municipios que no están situados ni en el centro ni en los subcentros, la distancia media recorrida por personas ocupada asciende a 11,9 km. De este modo, se concluye que las personas que residen en las centralidades, recorren menos distancia en sus viajes laborales. El cómputo global para el conjunto de las siete áreas metropolitanas da una distancia total media de 8,9 km. Hay que recordar que no se ha tenido en cuenta el criterio del tamaño (el resto del área metropolitana es la tipología de territorio más extensa de todas).

Comparando los dos resultados como se observa en la Figura 86, teniendo en cuenta la diferencia de tamaño y no, se puede decir con excepción de las distancias medias del

resto del área metropolitana (en las que no se tiene en cuenta el tamaño), que los subcentros emergentes son los que presentan *commuting* más largos.

Figura 86. Comparación de las distancias totales (controlando el tamaño y no) según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas

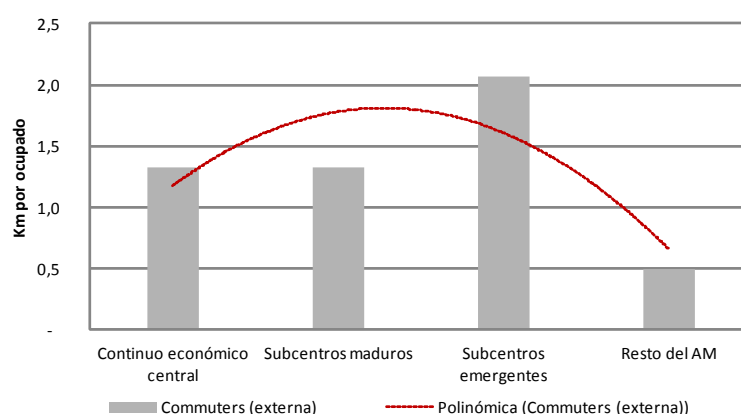


Fuente: Elaboración propia

- Distancias externas

La distancia externa que se muestra en la Figura 87, es la que se lleva a cabo por las personas trabajadoras que residen en un municipio y trabajan en otro distinto (*commuters*). Así, las distancias recorridas por los *commuters* (externas), las más largas se sitúan en los subcentros emergentes (2,1 km), al contrario que sucede en los municipios del resto del área metropolitana (0,5 km). Los *commuters* en el CEC (1,3 km), siguen recorriendo las mismas distancias que los *commuters* de los subcentros maduros (1,3 km). El cómputo global para el conjunto de las siete áreas metropolitanas da una distancia total media de 0,4 km.

Figura 87. Distancia externa recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas controlando el tamaño de los municipios

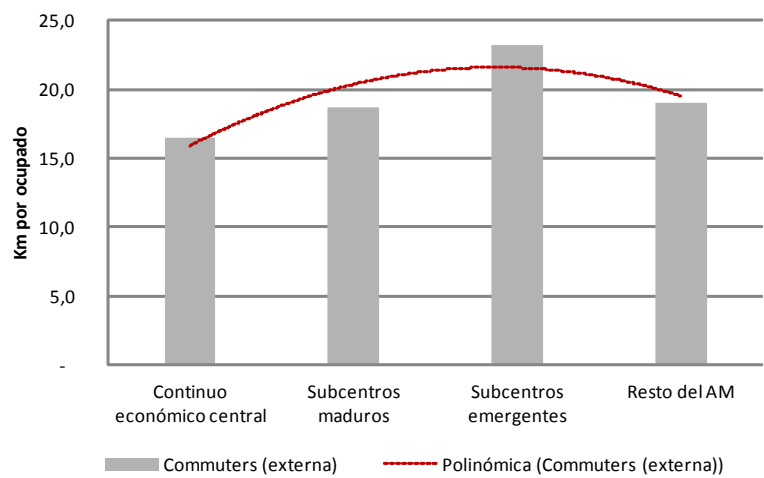


Clasificación de municipios	Distancia (km por ocupado)
	Commuters (externa)
Continuo económico central	1,3
Subcentros maduros	1,3
Subcentros emergentes	2,1
Resto del AM	0,5
Conjunto AM	0,4

Fuente: Elaboración propia

A continuación, analizando la Figura 88, en la que no se han tenido en cuenta las diferencias de los tamaños de los territorios, se representa de modo muy claro que los *commuters* en el centro económico central (16,5 km), recorren menos distancias que los *commuters* de los subcentros maduros (18,7 km). Posteriormente, se analiza el comportamiento de la movilidad laboral en los subcentros emergentes, la distancia externa de los centros emergentes (23,2 Km), la de los *commuters*, se ve que es mayor incluso que los desplazamientos de los *commuters* de los trabajadores que residen en los municipios caracterizados por la baja densidad (19,0 km). Este comportamiento también es el esperado, ya que estos centros de nueva aparición se ubican en zonas metropolitanas estratégicamente estudiadas, ya que su conectividad con la red viaria y ferroviaria es su principal característica.

Figura 88. Distancia externa media recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios

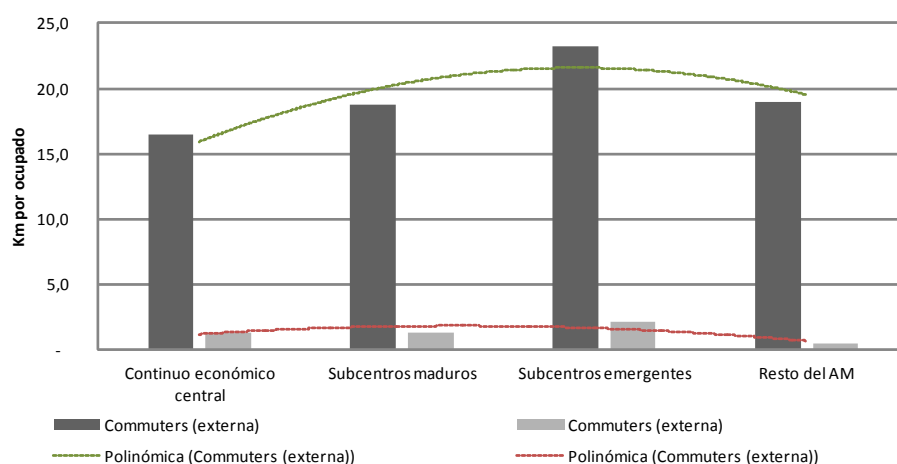


Clasificación de municipios	Distancia media (km por ocupado)
	Commuters (externa)
Continuo económico central	16,5
Subcentros maduros	18,7
Subcentros emergentes	23,2
Resto del AM	19,0
Conjunto AM	18,0

Fuente: Elaboración propia

Comparando las dos distancias, la media y la corregida por la superficie del tipo de territorio, se muestra en la Figura 89, que la tendencia es la misma, en los subcentros emergentes, los *commuting* son más largos.

Figura 89. Comparación de las distancias externas (controlando el tamaño y no) según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas



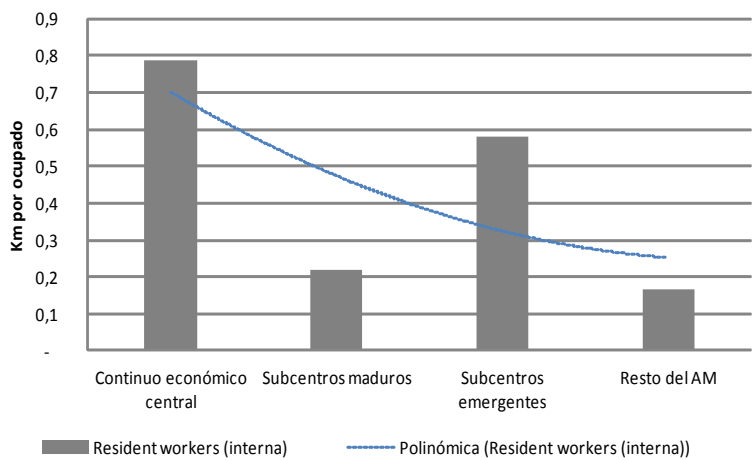
	Distancia media (km por ocupado)	Distancia (km por ocupado)
Clasificación de municipios	Commuters media (externa)	Commuters (externa)
Continuo económico central	16,5	1,3
Subcentros maduros	18,7	1,3
Subcentros emergentes	23,2	2,1
Resto del AM	19,0	0,5
Conjunto AM	18,0	0,4

Fuente: Elaboración propia

- Distancias internas

La movilidad interna, es aquella que se lleva a cabo por los *resident workers*, es decir, aquellas personas que residen y trabajan en el mismo municipio.

Figura 90. Distancia interna recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas controlando el tamaño de los municipios

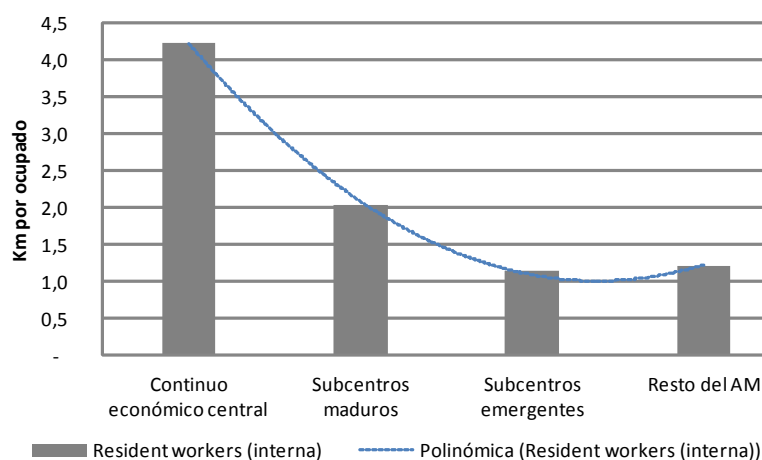


Clasificación de municipios	Distancia (km por ocupado)
	Resident workers (interna)
Continuo económico central	0,8
Subcentros maduros	0,2
Subcentros emergentes	0,6
Resto del AM	0,2
Conjunto AM	0,1

Fuente: Elaboración propia

Para concluir, se observa en la Figura 90 que en las distancias recorridas por los *resident workers*, la línea de tendencia cambia. Estos desplazamientos, tal y como se esperaba, los mayores se originan en el CEC (0,8 km), seguidos de los subcentros emergentes (0,6 km). Por otro lado, tanto en los subcentros maduros, como en los municipios intersticiales, los *commuting* son los más reducidos de todos (0,2 km). El cómputo global para el conjunto de las siete áreas metropolitanas da una distancia total media de 0,1 km. Se piensa que, obviando la cuestión del tamaño, en los centros económicos, existe una mayor diversidad de empleo y vivienda, lo que se traduce en una mayor autocontención.

Figura 91. Distancia interna media recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios



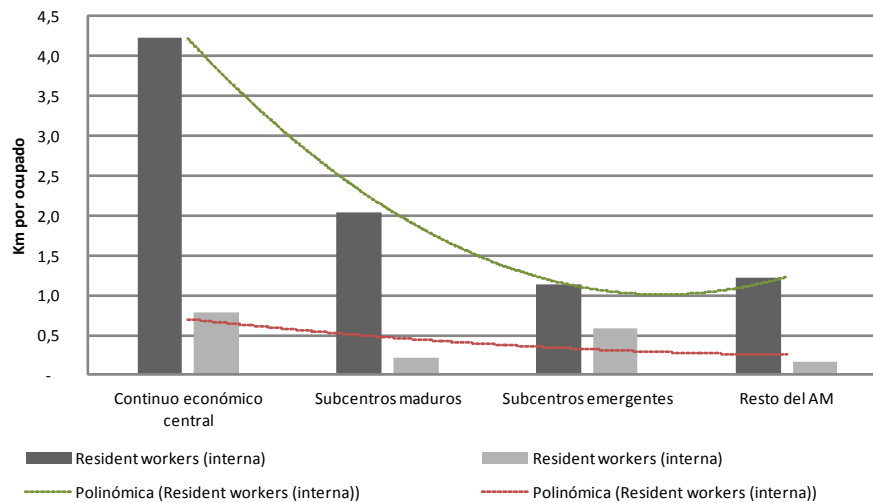
Clasificación de municipios	Distancia media (km por ocupado)
	Resident workers (interna)
Continuo económico central	4,2
Subcentros maduros	2,0
Subcentros emergentes	1,1
Resto del AM	1,2
Conjunto AM	3,4

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 91, se observa que los *resident workers* del CEC (4,2 km) son los que recorren mayores distancias, seguidos de los de los *resident workers* de los subcentros maduros (2,2 km). Y finalmente, se igualan subcentros emergentes y resto del área metropolitana. Si se tiene en cuenta el tamaño, al ser los centros económicos centrales y subcentros maduros, más grandes, la posibilidad de encontrar un empleo y/o vivienda acorde dentro de los mismos es mayor que en los otros territorios.

Si se comparan las distancias medias internas y las distancias corregidas por el tamaño del tipo de territorio, en la Figura 92, se observa que en los CEC es donde los desplazamientos por motivos laborales son más largos. Hecho que los caracteriza como los territorios más diversos.

Figura 92. Comparación de las distancias internas (controlando el tamaño y no) según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas



Clasificación de municipios	Distancia media (km por ocupado)	Distancia (km por ocupado)
	Resident workers media (externa)	Resident workers (externa)
Continuo económico central	4,2	0,8
Subcentros maduros	2,0	0,2
Subcentros emergentes	1,1	0,6
Resto del AM	1,2	0,2
Conjunto AM	3,4	0,1

Fuente: Elaboración propia

Como resultados de este estudio se pueden establecer dos conclusiones. La primera, es que tanto en las distancias totales, como externas, los recorridos más largos se desarrollan en los subcentros emergentes, debido a la mejor conexión, y quizás, a una mayor especialización del empleo o menor diversidad en la tipología de la vivienda. Estos territorios también están caracterizados por la localización espacial próxima a las vías de conexión viaria y ferroviaria. La segunda conclusión, es que en las distancias internas, son los centros económicos centrales en los que se llevan a cabo los *commuting* de mayor longitud, hecho que puede deberse a un buen balance de empleo y vivienda y una elevada diversidad de los mismos. Por tanto, se podría decir que los centros económicos centrales tienen una elevada tasa de autocontención, en contraposición con los subcentros emergentes que son los que presentan *commuting* más largos.

6.6.5. ¿Difieren los patrones de movilidad de la población según su género resida o no en los subcentros?

A continuación, se comprueba si los ámbitos geográficos en los que diversos grupos de trabajadores realizan sus actividades laborales son distintos, cuantificando las diferencias existentes entre los diversos grupos en términos de la movilidad diaria derivada del trabajo de forma separada para hombres y mujeres.

Tabla 27. Datos de población ocupada residente y resident workers según Censo 2001 clasificados por género

Clasificación municipios (mujeres)	POR	% POR	RW	Tasa Autocontención (%RW)
Continuo económico central	1.603.135	25%	1.246.137	78%
Subcentros maduros	300.627	5%	202.896	67%
Subcentros emergentes	50.950	1%	33.246	65%
Resto del AM	701.207	11%	302.197	43%
Conjunto AM	2.655.919	42%	1.784.476	67%
Clasificación municipios (hombres)	POR	% POR	RW	Tasa Autocontención (%RW)
Continuo económico central	2.062.521	33%	1.441.256	70%
Subcentros maduros	433.270	7%	256.323	59%
Subcentros emergentes	83.058	1%	46.883	56%
Resto del AM	1.066.317	17%	401.307	38%
Conjunto AM	3.645.166	58%	2.145.769	59%
Conjunto AM Total (mujeres+hombres)	6.323.850		3.930.245	62%

Fuente: Elaboración propia

Si se empieza por analizar el municipio de residencia de los trabajadores desglosados en mujeres y hombres, en la Tabla 27, se observa que según el Censo Población y Vivienda de 2001, el total de trabajadores para el conjunto de las siete áreas metropolitanas era de 6,3 millones, de ellos, hay 2,6 millones de mujeres (42%) y 3,6 millones de hombres (58%). En el CEC, el 25% de las mujeres reside ahí, mientras que en los hombres esta cifra aumenta hasta un 33%. En los subcentros, tan sólo un 6% de la población ocupada residente (POR) femenina, de los cuales, la gran mayoría (5%) reside en los subcentros maduros, y tan sólo un 1% en los emergentes. Para el

caso masculino, la dinámica es similar, tan sólo se diferencia en que en los subcentros maduros reside un 7% y en los emergentes un 1%. Estos datos, al igual que se vieron en el apartado anterior, reflejan el hecho de que en España, el proceso del policentrismo se deriva de procesos de integración de antiguos centros independientes (Muñiz *et al.*, 2008). Por último, cabe destacar el 11 % y 17% de la POR de mujeres y hombres respectivamente, que no reside ni en los subcentros, ni en el centro, sino en los municipios periféricos del *hinterland*, a lo que se le ha llamado resto del área metropolitana.

A continuación, si se analiza el municipio de trabajo de la POR, es decir, el porcentaje de los *resident workers* de mujeres y hombres que se quedan a trabajar en el mismo municipio en el que residen o también conocido como tasa de autocontención, los datos arrojados por la Tabla 27 según el Censo de Población y Vivienda de 2001, dejan ver que, del total de los trabajadores (6,3 millones, 2,6 millones de mujeres y 3,6 millones de hombres), existe un 67% de mujeres ocupadas que trabajan en el mismo municipio de residencia, frente a un 59% de hombres trabajadores. En los centros económicos es donde más autocontención se produce, hecho esperable, debido a la localización de la actividad económica y diversidad en la tipología de viviendas. Posteriormente, le siguen los subcentros maduros (67% para mujeres y 59% para hombres) y muy de cerca los subcentros emergentes (65% para mujeres y 56% para hombres). Finalmente, vienen los municipios pertenecientes al resto del área metropolitana, caracterizado por la baja densidad con unos datos de 43% de las mujeres ocupadas se queda a trabajar en su municipio de residencia y un 38% en el caso de los hombres trabajadores.

Como se acaba de decir en el apartado anterior, la tasa de autocontención, es uno de los primeros indicadores que muestran que cuanto más centrales y maduros sean los tejidos de un municipio, mayor potencial de retención tendrá para sus residentes ocupados.

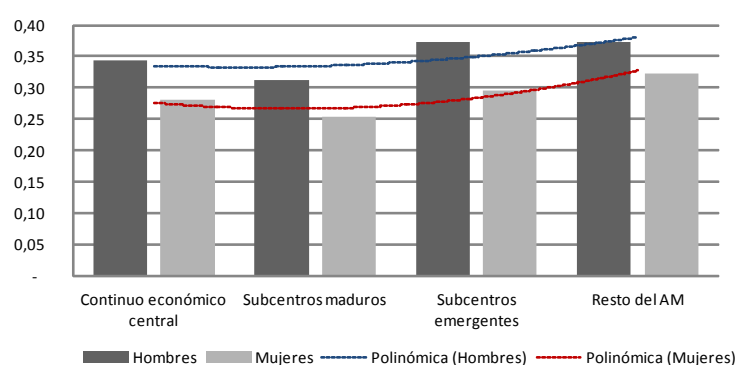
Distancia recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas

En este apartado en el que se comparan las distancias recorridas por los trabajadores diferenciando por género, sólo se han analizado los recorridos corregidos por el tamaño de los diferentes tipos de territorio, es decir, las distancias medias recorridas por día del hogar al trabajo no se han tenido en cuenta a la hora de elaborar este estudio.

- Distancias totales

Si analizamos inicialmente las líneas de tendencia de ambos sexos, mujeres y hombres, observamos que éstas son similares.

Figura 93. Distancia total recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas controlando el tamaño de los municipios



Clasificación de municipios	Distancia Total (interna+externa)		
	Mujeres	Hombres	ratio mujer/hombre
Continuo económico central	0,28	0,34	122%
Subcentros maduros	0,25	0,31	122%
Subcentros emergentes	0,30	0,37	126%
Resto del AM	0,32	0,37	115%
Conjunto AM	0,29	0,35	120%

* Las distancias están corregidas por 3 radios de 3 áreas: total (radio híbrido), commuter (radio territorial) y interna (radio suelo artificializado)

Fuente: Elaboración propia

La Figura 93 muestra en primer lugar, las mayores distancias totales en el resto del área metropolitana (0,32 Km en mujeres y 0,37 Km en hombres). Que esta categoría de territorio tenga los valores más elevados de todos es de esperar, ya que la conexión con las vías ferroviarias y viarias son más deficientes. En segundo lugar en orden decreciente, estarían los subcentros emergentes (0,30 Km en mujeres y 0,37 Km en hombres), mostrando con estos valores que dentro de todas las categorías, ésta se encuentra peor dotada de una diversidad de empleo y vivienda que los subcentros maduros o los CEC's, ya que los desplazamientos en estos lugares son mayores. En tercer lugar, estaría el CEC (0,28 Km en mujeres y 0,34 Km en hombres). Y por último, con los valores más reducidos se encuentran los subcentros maduros (0,25 Km en mujeres y 0,31 Km en hombres), debido a que quizás, en estos territorios exista un mayor balance entre cualificación, nivel de renta, tipología de trabajo y diversidad de empleo.

Si ahora comparamos las distancias totales recorridas por los hombres y por las mujeres, se pueden extraer las siguientes observaciones. Los territorios en los que hay una mayor diferencia entre las distancias recorridas por los hombres y por las mujeres son los subcentros emergentes, ya que la diferencia es de (0,26%), siendo los hombres residentes en estos entornos los que realizan los *commuting* de mayor longitud. Este dato, como se dijo en el apartado anterior, representa centros de nueva creación, en los que la conectividad es elevada, y en concreto, nos explica que los hombres son los que más viajan.

En el resto de territorios, también es notable la diferencia entre hombres y mujeres, por lo que desde un punto de vista general, se puede decir que las distancias recorridas por los *commuters* masculinos, son mayores que las recorridas por las mujeres.

- Distancias externas

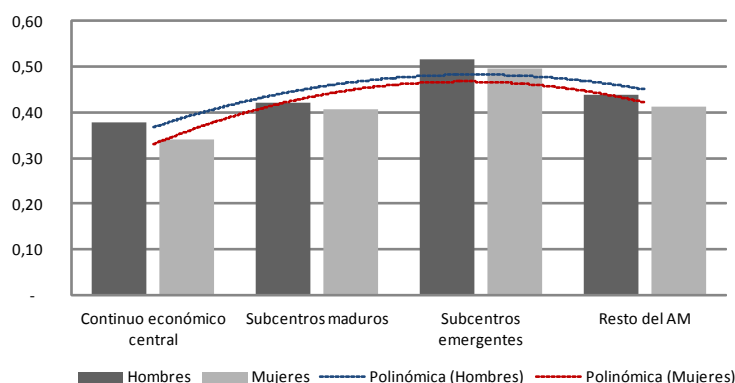
Los desplazamientos que realizan los *commuters* para ambos sexos, son mayores en los municipios que no pertenecen ni a los subcentros, ni al centro económico central.

Como sucedía con las distancias totales, los *commuters* femeninos recorren menos distancias cuando residen en los CEC's. Sin embargo, los hombres tienen desplazamientos más cortos en los subcentros maduros. No obstante, son en estos

territorios en donde las mujeres recorren más distancias que los hombres, siendo el único caso en los *commuting* de los *commuters* femeninos que se produce tal hecho.

La generalidad del conjunto de las áreas metropolitanas, es como en el caso anterior, desplazamientos más cortos llevados a cabo por las mujeres que por los hombres.

Figura 94. Distancia externa recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas controlando el tamaño de los municipios



Clasificación de municipios	Distancia Commuters (externa)		
	Mujeres	Hombres	ratio mujer/hombre
Continuo económico central	0,34	0,38	111%
Subcentros maduros	0,41	0,42	104%
Subcentros emergentes	0,50	0,51	104%
Resto del AM	0,41	0,44	107%
Conjunto AM	0,38	0,41	107%

* Las distancias están corregidas por 3 radios de 3 áreas: total (radio híbrido), commuter (radio territorial) y interna (radio suelo artificializado)

Fuente: Elaboración propia

Como se acaba de realizar con las distancias totales, si empezamos a analizar la línea de tendencia de las distancias externas, se observa en la Figura 94, que los subcentros emergentes vuelven a ser los que presentan unos recorridos mayores (0,50 Km en mujeres y 0,51 Km en hombres), seguidos del resto del área metropolitana (0,41 Km en mujeres y 0,44 Km en hombres) y de los subcentros maduros (0,41 Km en mujeres y 0,42 Km en hombres). Finalmente, aparece el CEC (0,34 Km en mujeres y 0,38 Km en hombres), mostrando que son los territorios mejor

dotados de una diversidad laboral y residencial, ya que es el lugar en donde los *commuting* son más reducidos.

A continuación, procedemos a comparar las distancias externas recorridas por las mujeres y por los hombres, destacando las siguientes observaciones. El CEC es en donde la diferencia entre las distancias externas entre mujeres y hombres es mayor (0,11%). Este hecho se debe a dos motivos, el primero, al buen nivel de infraestructuras del transporte existente en este tipo de territorios; y segundo, a cuestiones culturales (la mujer se sigue haciendo cargo de las tareas del hogar, de los niños, etc.), de localización de los empleos (los hombres suelen buscar trabajo en ubicaciones más lejanas), etc. Al contrario, sucede en los subcentros maduros y emergentes, los viajes que realizan los *commuters* masculinos son más similares a los que realizan las mujeres trabajadoras.

Por tanto, los CEC's son los territorios que más retienen a sus trabajadores, o dicho de otro modo, que menos *commuters* tienen.

Tal y como ha ocurrido en las distancias totales, la dinámica general del comportamiento de los desplazamientos laborales que salen de los municipios de residencia, es mayor en los hombres que en las mujeres.

- Distancias internas

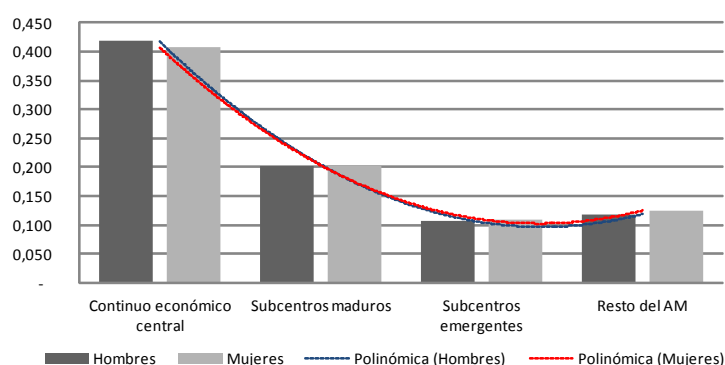
En primer lugar, las líneas de tendencia de las distancias internas, que desempeñan los *resident workers*, viene muy marcada por la influencia de los CEC's (0,407 Km en mujeres y 0,418 Km en hombres) como se observa en la Figura 95. Esto se debe a que el CEC se encuentra más diversificado en empleo y vivienda, lo que hace que los *commuting* más largos, se den en este tipo de territorio. A continuación, le siguen con la mitad de la distancia los subcentros maduros (0,208 Km en mujeres y 0,201 Km en hombres), ocurriendo algo similar a los CEC's, pero con menor intensidad. Y por último, aparecen el resto de áreas metropolitanas (0,125 Km en mujeres y 0,118 Km en hombres) y los subcentros emergentes con las distancias internas más reducidas (0,110 Km en mujeres y 0,108 Km en hombres).

Si ahora comparamos las distancias interiores recorridas por hombres y mujeres, se aprecia que en el CEC es donde más diferencia existe en los *commuting* de los *resident workers* por género. Los hombres se desplazan un 0,3% más que las mujeres

en estos territorios. Por último, destacar el 0,4% y el 0,5% más de diferencia entre los desplazamientos internos que recorren las mujeres dentro de los subcentros emergentes y los municipios dispersos del sistema metropolitano.

Finalmente, se puede decir, que a nivel general del conjunto de las siete principales áreas metropolitanas, los *commuting* de las *resident workers* son ligeramente mayores que los de los hombres.

Figura 95. Distancia interna recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas controlando el tamaño de los municipios



Clasificación de municipios	Distancia Commuters (externa)		
	Mujeres	Hombres	ratio mujer/hombre
Continuo económico central	0,407	0,418	103%
Subcentros maduros	0,203	0,201	99%
Subcentros emergentes	0,110	0,108	98%
Resto del AM	0,125	0,118	95%
Conjunto AM	0,34	0,33	97%

* Las distancias están corregidas por 3 radios de 3 áreas: total (radio híbrido), commuter (radio territorial) y interna (radio suelo artificializado)

** Los números que están en color rojo son aquéllos en que las mujeres superan a los valores masculinos

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de analizar las distancias corregidas por la superficie de los municipios arrojan las siguientes conclusiones. La primera, sería una mayor movilidad de proximidad femenina en los centros económicos (interna), las mujeres prefieren, o se ven obligadas, a trabajar cerca de casa, debido quizás a las cargas familiares, a la conciliación, pero sobre todo, provocado por el peso de los roles sociales y culturales

que desempeña la mujer en la sociedad del siglo XXI. Por lo que son los hombres los que en parte, encuentran trabajos más lejos de su hogar. En segundo lugar, en las distancias externas, los subcentros emergentes son los lugares en donde residen los trabajadores que recorren los viajes más largos para llegar a sus trabajos.

Al mismo lugar donde han llegado los resultados de la movilidad según el municipio de residencia, se llega ahora al analizarlo bajo la perspectiva de género, los centros económicos centrales tienen una elevada tasa de autocontención, en específico, femenina, en contraposición con los subcentros emergentes que son los que presentan los *commuting* más largos.

Conclusiones generales

En este capítulo se presentan las conclusiones de la tesis, así como las futuras líneas de desarrollo que se abren en el tema analizado.

La investigación conducida en el desarrollo de esta tesis, se estructura en tres partes. Por un lado, se estudian los rasgos que definen las estructuras de las principales áreas metropolitanas de España (Barcelona, Bilbao, Madrid, Málaga, Sevilla, Valencia y Zaragoza); por otro, se analiza el impacto que tiene la estructura policéntrica sobre el consumo de suelo; y por último, se verifica si dicha estructura polinucleada influye en las dinámicas de la movilidad laboral en nuestras áreas metropolitanas. Además de los resultados a que haremos referencia en este apartado, en el Capítulo I, se ha realizado primero, una aproximación teórica sobre la estructura urbana, abordando los fundamentos y teorías de la ciencia regional y la economía urbana, y los factores determinantes en los diferentes procesos de crecimiento de las ciudades. En el segundo, se ha expuesto una conceptualización de la movilidad, el transporte y de los impactos que estos tienen sobre el medio ambiente. En los dos siguientes capítulos, se comportó la revisión en profundidad de aspectos relacionados con el estado del arte, en materia de subcentros a nivel general de la literatura especializada, así como de las investigaciones que analizan la relación entre estructuras policéntricas con el consumo de suelo y la movilidad laboral, aspectos consignados en los capítulos III y IV. El capítulo V, se ha centrado en las cuestiones metodológicas y bases de datos específicas de las siete principales áreas metropolitanas. Y por último, el capítulo VI por su parte, muestra las caracterizaciones de la estructura urbana, del consumo de suelo y de la movilidad obligada de personas, a la vez que expone los resultados de la relación existente entre el policentrismo y el consumo de suelo, y de la relación del policentrismo sobre la movilidad laboral.

1. Conclusiones de las estructuras urbanas policéntricas

Los resultados sobre el estudio de las estructuras urbanas policéntricas, parte de la detección e identificación de subcentros. Una vez detectados, estos han sido clasificados en maduros o emergentes. De este modo, la distribución de los

subcentros quedaría así. En primer lugar, las metrópolis con más subcentros maduros serían Barcelona, Bilbao, Valencia y Málaga, que de hecho, todos sus subcentros son integrados. Por el contrario, las estructuras urbanas de Madrid, Sevilla y Zaragoza son las que menos subcentros maduros presentan. Como es obvio, los sistemas metropolitanos con mayor nivel de subcentros emergentes son justo los contrarios a la clasificación anterior, Zaragoza, Sevilla y Madrid. Del lado opuesto, las metrópolis con menos subcentros descentralizados son Barcelona y Bilbao.

Si se observa la configuración de los subcentros, maduros y emergentes con respecto a la red de transportes, se ve a modo general, que claramente los subcentros están caracterizados porque cerca de los mismos, o a través de ellos, pasan las principales vías de comunicación. Este factor de accesibilidad, se entiende a la hora de que como se ha ido explicando, para ser subcentro, tiene que existir un peso de empleo, de población y de relaciones con el entorno, y para conseguir todo ello, se convierte en requisito indispensable que exista una buena conexión con el CEC, con los demás subcentros y con las demás partes del territorio. Si se analiza este hecho, se puede llegar a pensar que las vías de comunicación se han adaptado a los subcentros maduros preexistentes, y los subcentros emergentes se han configurado en base a la red viaria preexistente.

A continuación, las conclusiones de los indicadores de polinucleación, policentricidad y policentrismo que se han calculado en el capítulo VI discusión de los resultados, muestran esta serie de aportaciones.

Con respecto al nivel de polinucleación, decir que se ha estudiado en función de tres dimensiones. La concentración de empleo en el continuo económico central; el número de subcentros; y el porcentaje de empleo en los mismos. Desde el punto de vista morfológico, y atendiendo a la distribución del empleo (en CEC o subcentros) y al número de subcentros, las áreas metropolitanas se pueden agrupar en dos grupos. El primero, en las que el centro tiene una mayor importancia en detrimento del número y peso específico de los subcentros, Zaragoza, Madrid y Sevilla. Y el segundo, en el que ya el CBD tiene una menor importancia frente a un mayor número de núcleos y peso económico de los mismos, éstas son Barcelona, Valencia, Bilbao y Málaga. Con todo y con ello, no puede decirse que la polinucleación sea perfecta o equipotencial.

Conclusiones generales

Sin embargo, este análisis comportaba aún grandes incertidumbres a la hora de establecer unos criterios bajo los que categorizar a los sistemas metropolitanos. Es por ello, que se crea un indicador de polinucleación que tiene en cuenta sólo la morfología de la estructura urbana, considerando estos tres elementos: el tamaño, el número y la equipotencialidad de los subcentros. En definitiva, un indicador que muestre la entropía de la distribución del empleo en los núcleos. El resultado es que las principales metrópolis españolas, Madrid y Barcelona, se encuentran en polos opuestos, siendo la primera la más monocéntrica de todas y Barcelona, la más policéntrica, según los criterios de la polinucleación.

En resumen, de los estudios realizados se extrae que el concepto general de polinucleación se debe a la integración de centros que ya existían con anterioridad, y no a la aparición de nuevos centros, a pesar de que se han identificado diversos subcentros emergentes en el análisis que se ha llevado a cabo en el capítulo anterior.

Posteriormente, una vez que se ha analizado la estructura urbana bajo el punto de vista meramente formal, se pasa a analizarla desde el punto de vista funcional, es decir, desde las relaciones que se establecen entre los diferentes nodos y su entorno dentro de un sistema urbano. Para ello, se ha recurrido a la utilización del indicador de policentricidad funcional de Green, aplicándolo a todos los flujos de los *commuters*, los flujos de entrada y de salida.

Los resultados de la aplicación del indicador de policentricidad general muestran tres grupos bien diferenciados. En primer lugar, y con unos valores del índice elevados, aparecen las metrópolis de Barcelona y Valencia, caracterizadas por tener unos subsistemas más equipotenciales. El segundo grupo está compuesto sólo por el sistema metropolitano de Bilbao. Y por último, en el tercer grupo están las áreas metropolitanas de Málaga, Zaragoza, Sevilla y Madrid.

Como se ha visto en el capítulo VI de discusión de los resultados, este indicador se ha analizado para el caso de los subsistemas centrales, desglosándose a su vez en dos indicadores parciales, uno orbital y otro radiocéntrico. Con ellos se observa la relación funcional entre los subsistemas periféricos y/o central. Para poder elaborar una clasificación de las siete principales áreas metropolitanas españolas, se construye un *ratio* compuesto por el policentrismo general radiocéntrico y por el policentrismo general orbital. Nuevamente, se muestran tres grupos de metrópolis. En orden

descendente: en el primero están los sistemas urbanos de Zaragoza, Sevilla y Madrid; seguidos de Málaga y Bilbao; y por último, Valencia y Barcelona.

En conclusión, se puede afirmar que esta distribución responde a que las metrópolis con menor número de subcentros, tienen una policentricidad radiocéntrica mayor, ya que el subsistema central tiene una mayor importancia. Al contrario sucede con los sistemas metropolitanos más polinucleados, que su policentricidad radiocéntrica es menor, debido a que el subsistema central no presenta tanta importancia como en las áreas macrocefálicas.

Finalmente, se procede a la construcción de un indicador que engloba estos dos conceptos del policentrismo, el topográfico y el topológico, mediante un análisis factorial de los dos componentes.

El resultado del análisis factorial de los dos componentes asegura que las estructuras urbanas estudiadas se diferencian en tres estadios: el primero, correspondería con los sistemas metropolitanos policéntricos de Barcelona y Valencia; el segundo, con la metrópolis intermedia en todos los casos, Málaga; y por último, el de las áreas metropolitanas menos policéntricas, que son Sevilla, Madrid y Zaragoza.

Tras estos estudios, se puede concluir que la mayoría de los siete principales sistemas metropolitanos españoles, muestran un marcado carácter monocéntrico, además de que los componentes policéntricos vienen originados por la integración de antiguos núcleos que previamente eran independientes, justo el caso opuesto del policentrismo norteamericano.

2. Conclusiones de la relación entre consumo de suelo y policentrismo

En este escenario, se encuentra la segunda parte de esta investigación, que se centra en intentar explicar la relación que existe entre una estructura policéntrica y el consumo de suelo per cápita. Para ello, se toman en consideración algunas teorías que se han desarrollado en el capítulo III del marco teórico específico a este tema, en particular, se tiene en cuenta aquella que teoriza que las zonas que se sitúan próximas a los subcentros y al CBD, ejercen una influencia sobre la densidad de uso del suelo, o lo que es lo mismo, la inversa del consumo de suelo per cápita. Por esta razón, una vez detectados los presuntos subcentros, se estudia si estos tienen una influencia

estadísticamente significativa sobre la densidad de los municipios aledaños (Muñiz, 2003).

Con todo, se han realizado varios modelos de regresión múltiple para los siete principales sistemas metropolitanos españoles con el fin de verificar hasta qué punto, los centros secundarios influyen en la densidad de la ciudad más allá de sí mismos.

De las siete ciudades más grandes de España, Barcelona es la más estudiada. De acuerdo con los estudios previos, este sistema metropolitano destaca como uno de los más policéntricos de las áreas metropolitanas estudiadas, y sus subcentros ejercen una influencia clara sobre la función de densidad de las zonas circundantes.

Aunque los resultados de este estudio se han desarrollado oportunamente en el capítulo VI, en general, revelan que la proximidad a los centros principales, sigue siendo importante en la organización morfológica de las metrópolis contemporáneas en España. A continuación, se abordan algunas divergencias según el tamaño de las metrópolis.

En las áreas metropolitanas más grandes como Madrid y Barcelona, la principal influencia viene de sus respectivos distritos centrales de negocios (CBD). La proximidad a los subcentros sólo es relevante para la distribución del empleo, y es más importante en los subcentros integrados, ya que en estos territorios maduros, se observa cómo el tiempo es un elemento importante que se requiere en un proceso de autoorganización urbana. A parte, se han encontrado otras variables que son más importantes. Estas variables son básicamente las relacionadas con las limitaciones orográficas del entorno natural, que a pesar de las irregularidades del paisaje, tienen un impacto no estacionario sobre las densidades urbanas, especialmente en las ciudades costeras, en las que el desarrollo urbano montañoso puede implicar tener vistas al mar, lo que hace que disminuya la reducción de las densidades (*p.e.* las zonas más pronunciadas son menos adecuadas para las actividades económicas).

En el resto de sistemas metropolitanos estudiados (Valencia, Bilbao, Sevilla, Zaragoza y Málaga), considerados como ciudades medianas y pequeñas, la influencia de la proximidad a los subcentros se desvanece de una manera más significativa. Cuando se tomaron en consideración las variables de control, los modelos no pudieron encontrar ninguna influencia sobre las densidades urbanas derivadas de la proximidad al CDB. Para estas ciudades, la proximidad a los subcentros sólo aparecía como

variable significativa en Bilbao y Zaragoza, explicando la tendencia de densidad del empleo y de la población. Sin embargo, esto no es lo suficientemente convincente como para dar un retrato integral de la densidad metropolitana.

En la mayoría de los modelos que se han desarrollado, el indicador de fragmentación urbana aparece después de la influencia del CDB, como la variable más correlacionada con el consumo de suelo per cápita (cuando está presente). Tal hallazgo, sugiere que las políticas urbanas permiten desarrollos de baja densidad, tales como los relacionados con los asentamientos suburbanos, directamente a través de la zonificación, o indirectamente, a través de una supervisión laxa, que por lo general, se desconectan de los tejidos urbanos, y son el principal factor que explica las bajas densidades urbanas, independientemente de su posición en relación con los centros.

De este modo, las políticas llevadas a cabo para organizar y regular las densidades urbanas mediante las estrategias de ordenación del territorio europeo, que se basan sólo en la creación, distribución y refuerzo de los subcentros metropolitanos, podrían ser ineficaces debido a la existencia de otros factores con una mayor incidencia en la estructura urbana. Dichos factores requieren una estrecha supervisión por parte de los responsables políticos. Hace falta, por tanto, evaluar con más profundidad hasta qué punto la naturaleza de los modelos policéntricos adoptados como bandera de batalla por los planificadores territoriales y urbanos a todos los niveles, produce efectivamente sistemas urbanos más sostenibles y eficientes, como hasta ahora se ha anunciado.

3. Conclusiones de la relación entre movilidad laboral y policentrismo

La segunda hipótesis de la presente tesis establece que las estructuras urbanas policéntricas reducen la movilidad laboral en sus centralidades (CBD y subcentros). El análisis de la movilidad laboral es interesante, puesto que proporciona información acerca de las pautas de ubicación de las actividades económicas, la localización residencial y la situación de las infraestructuras de transporte y comunicaciones. Los estudios que se han realizado en esta investigación sobre la movilidad analizan, primero, si existe o no una relación entre la movilidad laboral con el policentrismo y con otros factores de carácter económico o territorial; segundo, se analizan las diferencias de los patrones de movilidad según el lugar donde residan las personas

Conclusiones generales

trabajadoras; y el tercero, añade otra dimensión, en este caso social, estudiando si existen desigualdades de género en los desplazamientos.

Desde la idea ya consabida de la existencia de una interrelación entre estructura urbana y movilidad, esta tesis ha partido de la hipótesis general de que los cambios que se están produciendo en el modelo urbano, están incidiendo en el modelo de movilidad metropolitana, de la misma manera que cambios en la movilidad inciden igualmente en el propio cambio urbano. La expansión metropolitana y la reestructuración interna de la misma, a través de los procesos que definen la nueva ciudad dispersa, configuran un modelo de movilidad que parece caracterizarse por su insostenibilidad.

Como apuntaba O'Sullivan (2007), las estructuras policéntricas, al presentar más oportunidades de trabajo a lo largo del sistema metropolitano son, asimismo, potencialmente sostenibles en relación a los sistemas urbanos monocéntricos, al acortar y reducir los viajes pendulares. En esta tesis, se han controlado las diferencias en la forma, extensión y nivel de continuidad de la urbanización para verificar si la variación en la distancia recorrida por los trabajadores, se debe a las diferencias en el nivel de policentrismo.

En esta investigación hemos explorado hasta qué punto la estructura policéntrica de nuestras ciudades está relacionada con la longitud de los desplazamientos laborales y se considera que es un factor positivo, en el sentido de que facilita el acceso y ofrece más oportunidades de trabajo a las personas. No obstante, esta vinculación, puede tener un sesgo negativo, ya que la movilidad conlleva un coste ambiental y social. Por ello, se considera que una buena planificación de los usos del suelo ayudaría a encontrar un equilibrio entre el tipo de vivienda al que pueden acceder las personas según su nivel de renta y la cualificación socioprofesional de la actividad económica. Para analizar las distancias caben dos posibilidades: utilizar distancias en kilómetros o distancias en tiempo de viaje entre cada nodo. Se considera pues, más relevante el kilómetro de desplazamiento como aproximación de la distancia de *commuting*. Ya que se piensa que el indicador de exceso de *movilidad* es plenamente geográfico y por ende, se construye con distancias en kilómetros y no tiempos.

Antes de exponer las conclusiones generales del impacto de la estructura urbana policéntrica sobre la longitud de los desplazamientos laborales, se procede a revisar las aportaciones acerca de la relación entre el policentrismo funcional y morfológico.

Lo primero, es que hay que dejar claro que estadísticamente sí que existe una relación entre ambos policentrismos. Es decir, existe una relación entre el número de subcentros, el peso relativo de empleo de ellos y la policentricidad general. Sin embargo, la relación no es perfecta, ya que por ejemplo, Málaga es un caso que resalta sobre los demás, puesto que su nivel de polinucleación es más elevado que el de su policentricidad. Por el contrario, sistemas urbanos como los de Sevilla, Madrid y Zaragoza, tienen un mayor nivel de policentrismo funcional que morfológico.

El policentrismo funcional, lo hemos distinguido en dos tipos, el radiocéntrico y el orbital. El primero es el que se caracteriza porque la relación de los subcentros con el centro son las más poderosas, como es el caso de Barcelona y Bilbao, lo que diferencia este hecho con el monocentrismo, es que las relaciones son bidireccionales. El segundo tipo de policentrismo, es el que se produce cuando la relación entre los subcentros es más poderosa que con el centro del área metropolitana, un ejemplo de este proceso son Madrid, Sevilla y Zaragoza. Como se ha visto en los resultados de la policentricidad (policentrismo funcional), dos sistemas urbanos pueden tener el mismo nivel de policentricidad general como sucede con Barcelona y Valencia, sin embargo, si lo analizamos desde el punto de vista de la direccionalidad de los flujos, en el caso de Barcelona, se observa que la policentricidad radiocéntrica tiene menos peso que el policentricidad orbital, justo al contrario que ocurre en Valencia. Según la tendencia del tipo de policentrismo que se dé (normalmente prevalece el policentrismo radiocéntrico), sería conveniente que las estrategias de las redes de transportes metropolitanos de los sistemas urbanos apoyasen dicha tendencia, de modo que en hubiera una red viaria/ferroviaria radiocéntrica en todas, y sólo en algunas como Barcelona o Bilbao, se fomentase una red orbital en la que se produjera una movilidad laboral sostenible entre las esferas productivas y reproductivas.

A pesar de todos estos hechos evidentes, llama la atención que en Barcelona, en donde como se ha visto, las relaciones entre los mercados laborales y residenciales son eminentemente orbitales, la red ferroviaria es principalmente radiocéntrica. Tanto es así, que desde el Plan Territorial Metropolitano de Barcelona de 2010, *“prevé un conjunto de actuaciones que tienen por objetivo hacerla más eficiente, más interconectada y menos radial sobre la ciudad de Barcelona. Entre estas actuaciones destacan la propuesta de ferrocarril orbital metropolitano, nueva línea que deberá unir entre si las mayores ciudades del arco metropolitano; el traslado y desdoblamiento completo de la línea del Maresme, vieja reivindicación de esta comarca litoral; la nueva*

Conclusiones generales

conexión entre Barcelona y el Vallès por el túnel ferroviario de Horta, así como las nuevas líneas Castelldefels-Barcelona o Sabadell-Granollers entre otras muchas.” (PTMB, 2010, Memoria General 1, p.75)

Por otra parte, cabe decir que, como se ha explicado el capítulo de la discusión de los resultados, no todas las áreas metropolitanas presentan el mismo nivel de policentrismo. De este modo, analizándolas conjuntamente desde el punto de vista formal (polinucleación) y funcional (policentrismo), destacan claramente tres grupos. Las ciudades que se inscriben en el policentrismo son Barcelona y Valencia, las que están a medio camino serían Málaga y Bilbao, y por último, las menos policéntricas de todas serían, Madrid, Sevilla y Zaragoza.

Desde el análisis morfológico (forma y tamaño) de la movilidad y estructural (policentrismo), se extraen las siguientes conclusiones. Respecto de la influencia del tamaño y la forma de las ciudades sobre la movilidad laboral ya se ha comentado que para el caso de las grandes metrópolis españolas, a pesar de tener un tamaño similar, la forma es el factor más determinante, ya que la diferencia en los patrones de movilidad son muy diferentes.

Por otro lado, la influencia que tienen los sistemas urbanos polinucleados españoles en los patrones de movilidad laboral, se ve reflejada en el sentido de que las ciudades más policéntricas, desde el punto de vista funcional y morfológico, presentan unos recorridos de menor longitud. Y efectivamente, los resultados a los que hemos llegado, confirman la relación de inversa proporcionalidad entre el nivel de policentrismo y la distancia recorrida por la población ocupada, una vez controlada la forma y el tamaño. Cuanto más equitativa es la distribución del empleo en torno a núcleos distribuidos a lo largo de los territorios metropolitanos, y cuanto más poder tienen dichos núcleos de estructurar sus inmediaciones, menor es la longitud de los *commuting*. Es decir, que la polinucleación y la policentricidad, los dos rasgos del policentrismo, son herramientas potenciales para dar una solución endógena a los problemas de la movilidad de las personas. Sin perder de vista que para cada modelo de ciudad corresponde un modelo de movilidad.

De los siete principales sistemas metropolitanos que se han estudiado en la presente tesis, Barcelona y Valencia son las metrópolis que presentan mayores niveles de policentricidad y de polinucleación, y de hecho, es en estas áreas en donde las

distancias recorridas por la población ocupada son menores. En el extremo, tenemos las estructuras urbanas de Madrid, con valores muy bajos de las dos componentes del policentrismo, lo que se traduce en flujos laborales de mayor longitud.

En definitiva, el modelo policéntrico de las ciudades influye en los desplazamientos recorridos de los *resident workers*, a la vez que cuantos más subcentros tiene una metrópolis, más equipotenciales sean y mayor porcentaje de empleo haya en ellos (polinucleación o policentrismo morfológico), menor será la longitud de los *commuting*. Además cuando la relación funcional entre subcentros y los municipios de su entorno (policentricidad o policentrismo funcional) sea mayor, menor serán los *commuting*.

Otro análisis que se ha llevado a cabo en esta investigación, estudia la influencia de otro tipo de factores en los patrones de desplazamientos por motivos de trabajo. Las conclusiones que se extraen del modelo de regresión múltiple sugieren que el desplazamiento de la población ocupada es más corto en las centralidades. No es de extrañar que así sea, puesto que los modelos estadísticos indican que la movilidad controlada por la forma y el tamaño (exceso de movilidad) se reduce en los municipios que por ser diversos, en su oferta de empleo y vivienda, minimizan las discrepancias entre la cualificación de los empleos y las personas residentes ocupadas, que gracias a dicha diversidad residencial, pueden encontrar la vivienda que pueden permitirse, o aquella acorde a su sofisticado *lifestyle*. Reducción que también ocurre en los ámbitos que, como los subcentros maduros, no están excesivamente especializados en actividad económica especialmente en la industrial.

Asimismo, los resultados analizados en el capítulo VI, ponen de relieve que las grandes autopistas y autovías que surcan nuestras metrópolis, tienen un importante papel en la estructuración local, y por ende, deberían tener un diseño arquitectónico más acorde al rol urbano que, a pesar de la desidia de sus planificadores, están jugando.

Posteriormente, se han analizado los patrones de los *commuting* dependiendo de la ubicación espacial de la población trabajadora, para ello se clasificaron los territorios en cuatro tipos. Como resultados de este estudio se pueden establecer dos conclusiones. La primera, es que tanto en las distancias totales, como externas, los recorridos más largos se desarrollan en los subcentros emergentes, debido a la mejor conexión, y quizás, a una mayor especialización del empleo o menor diversidad en la

Conclusiones generales

tipología de la vivienda. Estos territorios también están caracterizados por la localización espacial próxima a las vías de conexión viaria y ferroviaria. La segunda conclusión, es que en las distancias internas, son los centros económicos centrales en los que se llevan a cabo los *commuting* de mayor longitud, hecho que puede deberse a un buen balance de empleo y vivienda y una elevada diversidad de los mismos. Por tanto, se podría decir que los centros económicos centrales tienen una elevada tasa de autocontención, en contraposición con los subcentros emergentes que son los que presentan *commuting* más largos.

En la segunda parte del análisis de la movilidad, se toma en cuenta que la sostenibilidad de nuestras ciudades engloba varios aspectos, el económico, el medioambiental y el social (informe Brutland, 1989). Y para ello, es necesaria la introducción de la perspectiva de género a la hora de analizar la movilidad laboral de las personas. Existen numerosas publicaciones acerca de la diferencia entre los patrones de movilidad de hombres y mujeres, destacando entre ellas que el número de viajes al año que realizan tanto hombres como mujeres es similar, sin embargo, sí se observan algunas diferencias en las distancias recorridas, los modos que utilizan para desplazarse, etc., a la vez que se ven desigualdades desde el punto de vista social, económico, etc.

En lo referente a los diferentes patrones de la movilidad desde la perspectiva de género, se pueden extraer las siguientes observaciones. La primera, sería una mayor movilidad de proximidad femenina en los centros económicos (interna), las mujeres prefieren, o se ven obligadas, a trabajar cerca de casa, debido quizás a las cargas familiares, a la conciliación, pero sobre todo, provocado por el peso de los roles sociales y culturales que desempeña la mujer en la sociedad del siglo XXI. Por lo que son los hombres los que en parte, encuentran trabajos más lejos de su hogar. En segundo lugar, en las distancias externas, los subcentros emergentes son los lugares en donde residen los trabajadores que recorren los viajes más largos para llegar a sus trabajos.

Al mismo lugar donde han llegado los resultados de la movilidad según el municipio de residencia, se llega ahora al analizarlo bajo la perspectiva de género, los centros económicos centrales tienen una elevada tasa de autocontención, en específico, femenina, en contraposición con los subcentros emergentes que son los que presentan *commuting* más largos.

4. Conclusiones finales

En cuanto al impacto del policentrismo sobre la eficiencia de la urbanización, nuestros estudios no ayudan a apoyar decisivamente las políticas urbanas emprendidas en el decurso de los últimos tiempos en pro del crecimiento polinucleado. En cuanto al consumo del suelo, efectivamente un crecimiento compacto favorece la reducción del suelo artificializado per cápita, y así lo han demostrado nuestros modelos una vez que se han tenido en consideración otros factores que también lo determinan. De hecho, resulta más determinante el tipo de actividad económica, ya que existen algunas actividades como las logísticas y las industriales que son muy extensivas; la forma de los tejidos urbanos, siendo los fragmentados los que más suelo consumen; e incluso la matriz territorial, puesto que edificar densamente sale poco a cuenta en territorios escarpados.

Asimismo, en cuanto a los desplazamientos laborales, nuestros análisis sugieren el importante papel que tiene, en la contención de la movilidad, la coordinación urbana en la configuración de los usos del suelo para fomentar un equilibrio coherente entre los perfiles socio-profesionales de la actividad económica y el tipo de vivienda a la que pueden acceder según su nivel de ingresos. También muestran que las grandes autopistas alrededor de nuestras ciudades, tienen un papel importante en la estructura local, y por lo tanto, deben tener un diseño más arquitectónico consistente con su papel urbano.

Finalmente, hace falta estudiar con mayor profundidad el impacto del policentrismo sobre aspectos más finos de la movilidad como la modalidad, la eficiencia económica y la cohesión social, para estar en posibilidad de refrendar los importantes programas normativos que han situado al desarrollo urbano policéntrico en el epicentro de las políticas urbanas.

Según el PTMB (2010), se debería fomentar el desarrollo de las tramas urbanas con umbrales de densidad mínimos de vivienda y de actividad económica, de forma que se permita reducir al máximo posible la ocupación de nuevo suelo, así como garantizar la proximidad del máximo número de actividades y asegurar la existencia de las masas críticas necesarias para ser servidas de manera eficiente por el transporte colectivo y por los servicios y equipamientos necesarios. En definitiva, hacer más “ciudad”.

Conclusiones generales

Futuras investigaciones

Hace falta estudiar con mayor profundidad el impacto del policentrismo sobre aspectos más finos de la movilidad como la modalidad, la eficiencia económica y la cohesión social, para estar en posibilidad de acreditar los importantes programas normativos que han situado al desarrollo urbano policéntrico en el epicentro de las políticas urbanas.

Desde la perspectiva de la investigación aplicada, los conocimientos que se derivan de este proyecto de investigación básica, podrían permitir el diseño de estrategias de reequilibrio y eficiencia territorial, en la distribución tanto de la población, como del empleo, y desde la perspectiva urbana-ambiental.

Bibliografía

- AARTS, H., y DIJKSTERHUIS, A. (1997) Habits as knowledge structures: Automaticity in goal-directed behavior. Manuscript submitted for publication, Eindhoven University of Technology, The Netherlands.
- AARTS, H. y DIJKSTERHUIS, A. (2000) Habits as knowledge structures: Automaticity in goal-directed behaviour. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79, p. 53-63.
- AGUILERA, A. (2005) Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille. *Urban Studies*, 42, p. 1537-1547.
- AGUILERA A. y MIGNOT D. (2004) Urban Sprawl, Polycentrism and Commuting. A Comparison of Seven French Urban Areas. *Urban Public Economics Review*, 1, p. 93-114.
- AGUIRRE, C. y MARMOLEJO, C. (2009) Efectos de los subcentros urbanos en los valores inmobiliarios. Estudio del caso de la región metropolitana de Barcelona. 5º CTV, Barcelona.
- AGUIRRE, C. y MARMOLEJO, C. (2010) Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona. *ACE: Architecture, City and Environment*, 5, p. 99-122.
- AJZEN I. (1991) The Theory of Planned Behaviour. *Organizational Behaviour and Human Decision Process*, 50, p.179-211.
- AJZEN, I. y FISHBEIN, M. (1980) Understanding attitudes and predicting social behaviour. New Jersey: Prentice- Hall, Inc.
- ALBERTOS PUEBLA, J. M. Y SALOM CARRASCO, J. (2010) La movilidad diaria metropolitana por razón de trabajo. Un ensayo de modelización. En Feria Toribio, J. M y Albertos Puebla, J. M. (Coords.): La ciudad metropolitana en España: procesos urbanos en los inicios del s. XXI, Civitas-Thomson Reuters, Navarra, p. 175-203.
- ALBRECHTS, L. (2001) How to proceed from image and discourse to action: as applied to the Flemish Diamond. *Urban Studies*, 38, p.733-745.
- ALDERETE, C. y TUDELA, A. (2011) Rol de los factores psicológicos, con énfasis en los sociales, sobre la elección del modo de transporte. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- ALMARAZ, J., PINO, J., IZQUIERDO, J., GARCÍA, F. J., CILLERO, A., BOUZADA, P. *et al.* (2013) Consorcio de Investigación: REACTIVA. Investigación financiada por el CEDEX (Mº Fomento) en el marco del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte. X Congreso español de sociología.
- ALONSO, W. (1964) Location and land use. Towards a general theory of land rent. Cambridge, Massachusetts: Harvad University Press, 1970.
- ANABLE, J. y GATERSLEBEN, B. (2005) All work and no play? The role of instrumental and affective factors in work and leisure journeys by different travel modes. *Transportation Research A*, 39, p.163-181.
- ANAS, A., ARNOTT, R. y SMALL, K. A. (1998) Urban Spatial Structure. *Journal of Economic Literature*, 36, p. 1426-1464.
- ANDERSON, N. y BOGART, W. (2001) The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas. *Journal of Economics and Sociology*, 60, p. 147-169.
- ANTIPOVA, A., WANG, F. y WILMOT, C. (2011) Urban land uses, socio-demographic attributes and commuting: a multilevel modeling approach. *Applied Geography*, 31, p. 1010-18.

ARELLANO, B. y ROCA, J. (2010) El urban sprawl, ¿un fenómeno de alcance planetario? los ejemplos de México y España. ACE: Architecture, City and Environment, 4, p. 115-147.

ARELLANO B. y ROCA J. (2012) Sprawl en las metrópolis europeas. las periferias metropolitanas, ¿principal escenario de la dispersión de la urbanización en Europa? ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno, 7, p. 95-114.

ARELLANO, B. y ROCA, J. (2015) Planificación Urbana y Cambio Climático. Proceedings of International Conference of Regional Science. XLI Reunión de Estudios Regionales AEER. Reus.

ARISTÓTELES (1252 a. C.) Política. Libro III, Cap. 1.

ASCHER, F. (1995). Metapolys ou l'avenir des villes. París: Odile Jacob

ASCHER, F. (2005) Los nuevos principios del urbanismo: el fin de las ciudades no está a la orden del día. Madrid: Alianza.

AUKEN, M. (2009) Informe sobre el impacto de la urbanización extensiva en España en los derechos individuales de los ciudadanos europeos, el medio ambiente y la aplicación del Derecho comunitario, con fundamento en determinadas peticiones recibidas. Parlamento Europeo.

AVELLANEDA, P. (2007) Movilidad, pobreza y exclusión social. Un estudio de caso en la ciudad de Lima. Tesis de doctorado. Bellaterra. Universitat Autònoma de Barcelona.

BANISTER, D. (1996) Energy, quality of life and the environment: the role of transport. Transport Reviews, 1, p. 23-35.

BANISTER, D. (2008) The sustainable mobility paradigm. Transport Policy, 15, p. 73-80.

BANISTER, D. (1996) Energy, quality of life and the environment: The role of transport. Transport reviews, 16, p. 23-35.

BANISTER, D., WATSON, S. y WOOD C. (1997) Sustainable cities, transport, energy, and urban form. Environment and Planning B: Planning and Design, 1, p. 125-143.

BAUMONT, C., BEGUIN, H. y HURIOT, J.M. (1998) An Economic Definition of the City. D.A. Griffith, C.G. Amrhein and J.M. Huriot (eds.). Econometrie Advances in Spatial Modelling and Methodology: Essays in Honour of Jean Paelinck. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 15-31.

BAUMONT, C., Ertur, C. y Le Gallo, J. (2004) Spatial analysis of employment and population density: the case of the agglomeration of Dijon 1999. Geographical Analysis, 36.

BAVOUX, J.J.; BEAUCIRE, F., CHAPELON, L. y ZEMBRI, P. (2005) Géographie des transports. Armand Colin, Collection U, Paris, 232 p.

BERRY, B. J. L. (1964) Cities as systems within systems of cities. Papers of the Regional Science Association, 13, p.146-163.

BERTAUD, A. (2002) The Spatial Organization of Cities: Deliberate Outcome or Unforeseen Consequence? World Development Report, Dynamic Development in a Sustainable World.

BETTINI, V. (1998) Elementos de Ecología Urbana (edición de Manuel Peinado Lorca), Madrid. Editorial Trotta.

BLANCO, J. (2006) De la noción de impacto a la de procesos asociados. Reflexiones a partir de la relación autopistas-urbanización en la Región Metropolitana de Buenos Aires. Mundo Urbano, 28.

BLANCO, J. (2010) Notas sobre las relaciones transporte - territorio: Implicancias para la planificación y una propuesta de agenda. Revista Transporte y Territorio, 3. p. 172-190.

BLANCO, J.; BOSCHER, L. y APAOLAZA, R. (2014) Movilidad, apropiación y uso del territorio: una aproximación a partir del caso de Buenos Aires. XIII Coloquio Internacional de Geocrítica: El control del espacio y los espacios de control Barcelona. Universitat de Barcelona.

Bibliografía

- BOARNET, M. (1994) The monocentric model and employment location. *Journal of Urban Economics*, 36, p. 79-97.
- BOGART, W. y FERRY, W. (1999) Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City. *Urban Studies*, 36, p. 2099-2110.
- BONTJE, M. (2004) Facing the challenge of shrinking cities in East Germany: the case of Leipzig. *Geojournal*, vol. 61, p. 13-21.
- BOIX, R. (2002) Caracterización de redes de ciudades mediante el análisis de cuatro estructuras urbanas simuladas. *Encuentro de Economía Aplicada*.
- BOIX, R. (2003) Redes de ciudades y externalidades. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Director de Tesis: Joan Trullén.
- BOIX, R. (2004) Redes de ciudades y externalidades. *Investigaciones Regionales. Asociación Española de Ciencia Regional*. Alcalá de Henares, España, 4, p. 5-27.
- BOIX, R. (2007) Concepto y delimitación de áreas metropolitanas: una aplicación a las áreas metropolitanas de España. *Seminario Las grandes áreas metropolitanas españolas en una perspectiva comparada*.
- BOIX, R. y TRULLÉN, J. (2012) Policentrismo y estructuración del espacio: una revisión crítica desde la perspectiva de los programas de investigación. *ACE: Architecture, City and Environment*, 6, p. 27-54.
- BOURNE, L. S. Y SIMMONS, J. W. (1978) Introduction: the urban system as a unit of analysis. L. S. BOURNE and J. W. SIMMONS (Eds) *Systems of Cities: Reading on Structure, Growth and Policy*, p. 1–18. Oxford University Press.
- BRAMLEY, G; DEMPSEY, N; POWER, S; BROWN, C. y WATKINS, D. (2009) Social sustainability and urban form: evidence from five British cities. *Environment and Planning A*, 41, p. 2125- 2142.
- BUCHANAN, N., BARNETT, R., KINGHAM, S. y JOHNSTON, D. (2006) The Effect of Urban Growth on Commuting Patterns in Christchurch, New Zealand. *Journal of Transport Geography*, 5, p. 342-354.
- BURGER, M. y MEIJERS, E. (2012) Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity. *Urban Studies*, 49, p. 1127-1149.
- CAMAGNI, R. (1992) *Economía urbana. Principi e modelli teorici*. La nuova Italia Scientifica, Roma.
- CAMAGNI, R. (1994) From city hierarchy to city network: reflections about an emerging paradigm. Juan R. Cuadrado-Roura, Peter Nijkamp, Pere Salva (eds.) *Moving frontiers economic restructuring, regional development and emerging networks*, Avebury. Casti, J.L. (1995): "The Theory of Networks", en D.F.B
- CAMAGNI, R., GIBELL, M.C. y RIGAMONTI, P. (2002) Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different pattern of urban expansion. *Ecological Economics*, 40, p.199-216.
- CAMAGNI, R. y SALONE, C. (1993) Elementi per una teorizzazione delle reti di città. In: CAMAGNI, R. EDE BLASIO, G.(Orgs.). *Le reti di città. Teoria, politiche e analisi nell'area padana*. Milão: Franco Angeli, p. 53-67.
- CAMAGNI, R. and CAPELLO, R. (2002) Milieux innovateurs and collective learning: from concepts to measurement, in: Z. ACS, H. DE GROOT and P. NIJKAMP (Eds) *The Emergence of the Knowledge Economy: A Regional Perspective*. Berlin.
- CAPEL, H. (2003) Una mirada histórica sobre los estudios de redes de ciudades y sistemas urbanos. *GeoTrópico*, 1, p. 30-65.
- CAPEL, H. (2005) La morfología de las ciudades. *Il aides facere: técnica, cultura y clase social en la construcción de edificios*. Barcelona. Ediciones del Serbal.

CASADO, J.M. (2000) Trabajo y territorio. Los mercados laborales locales de la Comunidad Valenciana. Alicante: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante.

CASTELLS, M. (2006) La sociedad en red: una visión global. Madrid. Alianza.

CEBOLLADA, A. (2003) La ciutat de l'automòbil, un model urbà excloent. Sabadell com a exemple. Tesis doctoral. Bellaterra (Cerdanyola del Vallès): Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Geografia.

CEBOLLADA, A. (2006) Aproximación a los procesos de exclusión social a partir de la relación entre el territorio y la movilidad cotidiana. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 48, p. 105-121.

CEBOLLADA, À. (2008) Mobility and labour market exclusion in the Barcelona Metropolitan Region. Journal of Transport Geography.

CEBOLLADA, A. y MIRALLES, C. (2004) Mobility and urban transport in Metropolitan Barcelona: accessibility versus exclusion. Ethnologia Europaea, 34, p. 19-29.

CERDA, J. (2012) Efecto del comportamiento espacio-temporal de la población sobre la estructura de actividades en la ciudad. Un acercamiento a los ritmos urbanos de Barcelona 2001-2006. Tesis doctoral dirigida por Dr. Marmolejo C. Departamento de Tecnología de la Arquitectura. Programa de Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica. Universitat politècnica de Catalunya. Barcelona.

CERVERO, R. (1989) America's Suburban Centers: The Land Use-transportation Link. Transportation Research Board.

CERVERO, R. y WU, K. (1997) Polycentrims, Commuting and Residential Location in the San Francisco Bay Area. Environment and Planning A, 29, p. 865-886.

CERVERO, R. y WU, K. (1998) Subcentering and Commuting: Evidence from the San Francisco Bay Area, 1980-1990. Urban Studies, 35, p. 1059-1076.

CHAMPION, A. (2001) A changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city populations. Urban Studies, 38, p. 657-677.

CHICA, E. (2010) Las actividades intensivas en conocimiento en los procesos de policentrismo metropolitano. Un estudio para la RMB. Tesis del Máster Oficial en Gestión y Valoración Urbana dirigida por Carlos Marmolejo Duarte. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Universitat Politècnica de Catalunya.

CHICA, E. y MARMOLEJO, C. (2010) Las actividades económicas intensivas en conocimiento y sus formas de localización en el territorio metropolitano: un estudio para la región metropolitana de Barcelona. 6º CTV, Mexicali.

CHRISTALLER, W. (1933) Central Places in Southern Germany, N.J.:Prentice-Hall, Englewood Cliffs (versión original en alemán traducida al inglés en 1966).

CHUECA, F. (1968) Breve historia del urbanismo. Alianza Editorial, Madrid.

CIUFFINI, F. (1993) El sistema urbà i la mobilitat horitzontal de persones, matèria i energia. Medi ambient, Tecnologia i Cultura, 5, p. 42-53.

CLARK, C. (1951) Urban population densities. Journal of the Royal Statistical Society, 114, p. 490- 496.

CLARK, W. y KUIJPERS-LINDE, M. (1994) Commuting in restructuring urban regions. Urban Studies, 31, p. 465-483.

CRAIG, S. y NG, P. (2001) Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area. Journal of Urban Economics, 49, p. 100-120.

CRANE, R., y CHATMAN, D. G. (2003) As jobs sprawl, whither the commuting? Access, 23, p. 14-19.

Bibliografía

- CRESPO, C. (2012) Factores determinantes de la configuración del modelo urbano en el planeamiento urbanístico derivado: El caso de Barcelona. Tesis dirigida por Dr. Carlos Marmolejo Duarte. Doctorat en Gestió i Valoració Urbana i Arquitectònica. Universitat Politècnica de Catalunya.
- DALY, H. E. (1994) Operationalizing Sustainable Development by Investing in Natural Capital. AnnMari Jansson et al. eds., Investing in Natural Capital: The Ecological Economics Approach to Sustainability, Washington, D.C.: Island Press.
- DAVOUDI, S. (2003) European briefing: Polycentricity in European spatial planning: from an analytical tool to a normative agenda? *European Planning Studies*, 11, p. 979-999.
- DE GOEI, B., BURGER, M., OORT, F. y KITSON, M. (2010) Functional polycentrism and urban network development in the greater south east UK: evidence from commuting patterns. *Regional Studies*, 44, p. 1149-1170.
- DEMATTEIS, G. (1985) Contro-urbanizzazione e strutture urbane reticolari. BIANCHI, G. y I. MAGNANI (eds.), Sviluppo multiregionale: teorie, metodi, problemi, p. 121-132.
- DEMATTEIS, G. (1990) Modelli urbani a rete. Considerazioni preliminari. Fausto Curti y Lidia Diappi (a cura di) Gerarchie e reti di città: tendenze e politiche. Franco Angeli, Milano.
- DEMATTEIS, G. (1991) Sistemi locali nucleari e sistemi a rete: un contributo geografico all'interpretazione delle dinamiche urbane. C. S. BERTUGLI-A, A., La Bella (a cura de), I sistemi urbani,1: Le teorie, il sistema e le reti. Milano, Franco Angeli, p. 417-441.
- DEMATTEIS, G. (1998) Suburbanización y periferización. Ciudades anglosajonas y ciudades latinas. Monclús, J. (Ed.): La ciudad dispersa. Suburbanización y nuevas periferias. Barcelona, Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, p.17-34.
- DEPARTAMENT DE POLÍTICA TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES. GENERALITAT DE CATALUNYA (2010) Pla Territorial Metropolità de Barcelona. Barcelona (PTMB) DPTOP, 415 + 220 p.
- DIAZ MUÑOZ, M. A. (1989) Movilidad femenina en la ciudad. Notas a partir de un caso. *Documents d'Anàlisi Geogràfica (DAG)*, 14, p. 219- 239.
- DIELEMAN, F. M., DIJST, M. y BURGHOUWT, G. (2002) Urban Form and Travel Behaviour: Microlevel Household Attributes and Residential Context. *Urban Studies*, 3, p. 507-527.
- DOMARCHI, C., ESCOBAR, M. y TUDELA, A. (2009) Influencia de factores psicológicos y contextuales en la elección modal. XIV Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte Santiago de Chile.
- DOWALL, D. E. y TREFFEISEN, A. (1991) Spatial Transformation in Cities of the Developing World. Multinucleation and Land-Capital Suburbanisation in Bogota, Colombia. *Regional Science and Urban Economics*, 21, p. 201-224.
- DUCH, N. La teoría de la localización. Documento de trabajo, Universidad de Barcelona, 2005.
- DUPUY, G. (1995) Les territoires de l'automobile. París, Anthropos-Economica
- DURÁN, V. (2004) Poblaciones Indígenas de Malargüe, su arqueología e historia. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Filosofía y Letras. CEIDER, Serie Libros, 1. Mendoza.
- DURANTON, G. y PUGA, D. (2004) Micro-foundations of urban agglomeration economies. *Handbook of Urban and Regional Economics*, 4, p. 2063-2111.
- ESPON 111 EUROPEAN SPATIAL PLANNING OBSERVATION NETWORK (2004) Potentials for polycentric development in Europe.
- ESQUEDA-WALLE, R. (2013) Economías de Aglomeración en el Contexto de la Nueva Geografía Económica. Contribuciones a la Economía.
- ESTRATEGIA TERRITORIAL EUROPEA (E.T.E.) (1999) Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la UE. Comisión Europea, Luxemburgo, 96 p.

ESTEVAN, A. y SANZ, A. (1996) Hacia la reconversión ecológica del transporte en España. Madrid. Bakeaz. Libros La Catarata.

EUROPEAN COMMISSION (EC) (2012) EU Energy and Transport in figures.

ESTT - OEP (2013) Grupo de Materias Comunes de Movilidad Segura. Elaborado en 2011.

FERIA, J. M. (2000) Pautas Estructurales Diferenciadas de Movilidad en las Áreas Metropolitanas Andaluzas. En M. Castañer, J. Vicente y G. Boix (eds.); Áreas urbanas y movilidad laboral en España, Girona, Universitat de Girona, p. 121-138.

FERIA, J. M. (2004) Problemas de definición de las áreas metropolitanas en España. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 38.

FERIA, J. M. (2008) Un ensayo metodológico de definición de las áreas metropolitanas de España a partir de la variable residencia-trabajo. Investigaciones Geográficas, 46, p. 49-68.

FERNÁNDEZ RAMÍREZ, C.; JIMENEZ ROMERA, C. y RODRIGUEZ SUAREZ, I. (2012) 1º Seminario Re-Hab. Modelos de delimitación del área urbana de Madrid. <http://www2.aq.upm.es>

FILION, P., BUNTING, T. y WARRINER, K. (1999) The entrenchment of urban dispersion: residential preferences and location patterns in the dispersed city. Urban Studies, 36, p. 1317-1347.

FLAMM, M. y V. KAUFMANN (2006) Operationalising the concept of motility: a qualitative study. Mobilities, 1, p. 167-189.

FOSCHIATTI, H., (2008) Las transformaciones sociodemográficas y la vulnerabilidad en los procesos de larga duración. Geográfica Digital. Instituto de Geografía, 9.

FRANK, L. D. y PIVO, G. (1994) The Impacts of Mixed Use and Density On the Utilization of Three Modes of Travel: The Single Occupant Vehicle Transit, and Walking. Transportation Research Record, 1466, p. 44-52.

FRANKENA, M. (1978) A bias in estimating urban population density functions. Journal of Urban Economics, 5, p. 35-45.

FROST, M., LINNEKER, B. y SPENCE, N. (1998) Excess or wasteful commuting in a selection of British cities. Transportation Research A, 32, p. 529-538.

FUJITA, M. (1989) Urban Economic Theory. Land use and city size. Cambridge: Cambridge University Press.

FUJITA, M. y KRUGMAN, P. (2004) The new economic geography: Past, present and the future. Papers of Regional Science, 83, p. 139- 164.

FUJITA, M., KRUGMAN, P. y VENABLES, A.J. (1999) The Spatial Economy, MIT Press.

FUJITA, M. y H. OGAWA. (1982) Multiple Equilibria and Structural Transition of Non-Monocentric Urban Configurations. Regional Science and Urban Economics, 12, p. 161-196.

FUJITA, M., THISSE, J.F. y ZENOU, Y. (1997) On the Endogeneous Formation of Secondary Employment Centers in a City. Journal of Urban Economics, 41, p. 337-357

GALLO, M. T. y GARRIDO, R. (2012) Una aproximación a la estructura urbana policéntrica en la Comunidad de Madrid. ACE: Architecture, City and Environment, 6, p. 69-100.

GARCIA-LÓPEZ, M.A. (2006) Estructura espacial del empleo y economías de aglomeración: El caso de la industria en la Región Metropolitana de Barcelona. Tesis Doctoral DIRIGIDA POR EL Dr. Iván Muñiz Olivera. Departament d'Economia Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona.

GARCÍA-LÓPEZ, M. Á. (2007) Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona. Architecture, City y Environment, 4, p. 519-553.

Bibliografía

- GARCÍA-LÓPEZ, M.A. (2008) Manufacturas y servicios en la RMB, cambios en la estructura espacial de su empleo. *Revista de Estudios Regionales*, 83, p. 197-224.
- GARCÍA-LÓPEZ, M.A. (2010) Population suburbanization in Barcelona, 1991-2005: Is its spatial structure changing? *Journal of Housing Economics*, 19, p. 119-1932.
- GARCIA-LOPEZ, M.A. y MUÑIZ, I. (2007) ¿Policentrismo o dispersión? Una aproximación desde la nueva economía urbana. *Investigaciones Regionales*, 11, p. 25- 43.
- GARCIA-LOPEZ, M.A., MUÑIZ, I. AVENDAÑO, A. Y SÁNCHEZ, V. (2014) Los nuevos elementos estructuradores del espacio metropolitano: subcentros y ejes de transporte en Barcelona, Bogotá y México. R. Montaña Salazar and C. Marmolejo Duarte (edit.). *Perspectivas de análisis de la concentración y dispersión demográfica. Un enfoque metropolitano en Iberoamérica*. El Colegio del Estado de Hidalgo, p. 53-83.
- GARCÍA PALOMARES, J.C. (2007) Movilidad en la comunidad de Madrid. Tesis doctoral dirigida por Javier Gutiérrez Puebla. Facultad de geografía e historia. Departamento de geografía humana. Universidad Complutense de Madrid.
- GARCÍA PALOMARES, J.C. (2008) Los desplazamientos al trabajo en la comunidad de Madrid. Fundación Sindical de Estudios. Ediciones GPS Madrid.
- GARCÍA PALOMARES, J.C. y GUTIÉRREZ PUEBLA, J. (2007) La ciudad dispersa: cambios recientes en los espacios residenciales de la comunidad de Madrid. Departamento de Geografía Humana, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 30 p.
- GARCÍA PALOMARES, J.C. y RODRÍGUEZ, J. (2004) MOVILIDAD COTIDIANA Y GÉNERO EN LA COMUNIDAD DE MADRID. Departamento de Geografía Humana. Universidad Complutense de Madrid.
- GARDNER, B. (2009) Modelling motivations and habit in stable travel mode contexts. *Transportation Research F*. 12. 68-76.
- GÄRLING, T. y AXHAUSEN, K. W. (2003) Introduction: habitual travel choice. *Transportation*, 30, p. 1-11.
- GÄRLING, T., GILLHOLM, R., y GÄRLING, A. (1998) Reintroducing attitude theory in travel behavior research. The validity of an interactive interview procedure. *Transportation*, 25, p. 129-146.
- GARREAU, J. (1992) *Edge city: life in the new frontier*. Nueva York: Doubleday.
- GENERALITAT DE CATALUNYA (2010) Pla Territorial Metropolità de Barcelona (PTMB). Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Direcció General de Planificació i Acció Territorial, Barcelona: Generalitat de Catalunya, Vol.1, pp.1-415, Vol.2, pp.1-220.
- GIULIANO, G. y GILLESPIE, A. (1997) Research issues regarding societal change and transport. *Journal of transport geography*, 3, p. 165-176.
- GIULIANO, G., REDFEARN, C., AGARWAL, A., LI, C. y D. ZHUANG (2005) Not all sprawl: Evolution of employment concentrations in Los Angeles, 1980–2000 Working Paper 2005-1002, Lusk Center for Real Estate, University of Southern California.
- GIULIANO, G. y SMALL, K.A. (1991) Subcenters in Los Angeles Region. *Regional Science and Urban Economics*, 21, p. 163-182.
- GIULIANO, G. y SMALL, K.A. (1993) Is the Journey to Work Explained by Urban Structure? *Urban Studies*. 9, p. 1485-1500.
- GLAESER, E.; KALLAL, H.; SCHEINKMAN, J. y SHLEIFER, A. (1992) Growth in Cities. *Journal of Political Economy*. 100, 6.
- GOLDBERG, D. (1999) Covering urban sprawl Rethinking the American dream. RTNDF Environmental Journalism Center.

- GORDON, P., KUMAR, A. y RICHARDSON, H.W. (1989) The Influence of Metropolitan Spatial Structure on Commuting Time. *Journal of Urban Economics*, 26, p. 138–151.
- GORDON, P. y RICHARDSON, H.W. (1996) Beyond Polycentricity: The Dispersed Metropolis, Los Angeles, 1970-1990. *Journal of the American Planning Association*, 62, p. 289-295.
- GORDON, P.; RICHARDSON, H.W. y WONG, H.L. (1986) The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles. *Environment and Planning A*, 18, p. 161-173.
- GORDON, P. y WONG, H.L. (1985) The Costs of Urban Sprawl: Some New Evidence. *Environment and Planning A*, vol. 17, 5, p. 661-666.
- GREEN, N. (2007) Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis. *Urban Studies*, 44, p. 2077-2103.
- GREGORY, D. (2002) *Urban sprawl. Causes, consequences y policy responses*. Washington: Urban Institute Press.
- GRIFFITH, D.A. (1981) Modelling Urban Population Density in a Multi-centered City, *Journal of Urban Economics* 9, p. 298-310.
- GUILLAIN, R., LE GALLO, J. y BOITEUX-ORAIN, C. (2004) The evolution of the spatial and sectoral patterns in Ile-de-France over 1978-1997. *ERSA conference papers* 4, p. 59, European Regional Science Association.
- GUTH, D., HOLZ-RAU, C. y MACIOLEK, M. (2009) Employment Suburbanisation and Commuter Traffic in German City Regions. 9th Swiss Transport Research Conference, Ascona, p. 9-11.
- GUTIÉRREZ, A. (2010) Movilidad, transporte y acceso: una renovación aplicada al ordenamiento territorial. *Scripta Nova*, 331.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. y GARCÍA PALOMARES, J.C. (2005) Cambios en la movilidad en el área metropolitana de Madrid: el creciente uso del transporte privado. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense de Madrid*, 25, p. 331-351
- GUTIÉRREZ PUEBLA, J. y GARCÍA PALOMARES, J.C. (2007) New patterns in mobility within the Metropolitan area of Madrid: towards more complex and disperse flow networks. *Journal of Transport Geography*, 15, p. 18-30.
- HALL, P. y PAIN, K. (2006) *The Polycentric Metropolis. Learning from mega-city regions in Europe*. Earthscan, Abingdon.
- HANDY, S. (1996) Urban form and pedestrian choices: study of Austin neighborhoods. *Transportation Research Record*, 1552, p. 135-144.
- HARRIS, C. y ULLMAN, E. (1945) The nature of cities. *Annals of the American Academy of Sciences*, CCXLII, p. 7-17.
- HEIKKILA, E., GORDON, P., KIM, J. I., PEISER, B., RICHARDSON, H. W. y DLAE-JOHNSON, D. (1989) What Happened to the CBD-Distance Gradient?: Land Values in a Polycentric City. *Environment and Planning A*, 21, p. 221-232.
- HÉNARD, E. (1905) *Études sure les transformation de Paris et autre ecrits sur l'urbanism*. Paris.
- HENDERSON, J.V. (1974) The sizes and types of cities, *Amer. Econ. Reus*, 64, p. 1640-56.
- HENDERSON J. V. (1997a) Optimum City Size: The External Diseconomy Question. *Journal of Political Economy*.
- HENDERSON J. V. (1997b) Urban Growth. WP National Bureau of Economic Research, 6008.
- HENDERSON J. V. (1999) Marshall's scale economies. WP National Bureau of Economic Research, 7358.

Bibliografía

- HENDERSON, J. V. (2000) How urban concentration affects economic growth. Policy Research Working Paper Series 2326. The World Bank.
- HENSHER, D.; ROSE, J. y GREENE, J. (2005) Applied choice analysis: a primer. Cambridge University Press. Cambridge.
- HIRSCH, W. Z. (1977) The Coming of Age of the Polynucleated Metropolis. Small Cities in Transition: The Dynamics of Growth and Decline, edited by H. J. Bryce, pp. 267–81. Cambridge, Mass.: Ballinger Publishing Company.
- HOLDEN, E. y NORLAND, I.T. (2005) Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: Household consumption of energy and transport in eight residential areas in the Greater Oslo region. Urban Studies, 12, p 2145- 2166.
- HOLZAPPEL, H., TRAUBE, T. y ULRICH, O. (1988) Traffico 2000. Per un traffico tollerabile dal punto di vista ecologico e sociale. Milano. Franco Muzzio.
- HOOVER, E. M. (1937) Location theory and the shoe and leather industries. Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- HOTELLING, H. (1929) Stability in competition, Economic Journal 39.
- HOYLER, M., FREYTAG, T. y MAGER, C. (2008) Connecting Rhine-Main: The Production of Multi – Scalar Polycentricities through Knowledge-Intensive Business Services. Regional Studies, 8, p. 1095-1111.
- HOYT, H. (1933) One Hundred Years of Land Values in Chicago. The University of Chicago Press, Chicago, 452 p.
- HURD, R. (1924) Principles of city land values, Nueva York, USA.
- HURIOT J.-M.; THISSE, J. y SMITH, T.E. (1989) Minimum-cost distances in spatial analysis, Geographical Analysis, 21,p. 294-315.
- INDOVINA, F. (1990) La città fine di Millennio. Firenze, Genova, Milano, Napoli, Roma e Torino. Milano. Franco Angeli.
- INGRAM, G. K. (1999) Patterns of metropolitan development: what have we learn? Urban Studies, 35, p. 1019-1035.
- ISARD, W. (1962) Location and Space Economy. Cambridge: M.I.T. Press.
- JACOBS, J. (1961) Death and Life of Great American Cities. New York: Random House.
- JIMENEZ HERRERO, L.M. (2011) Transporte y movilidad, claves para la sostenibilidad. Cuadernos de la Fundación General CSIC, 4. JOUFFE, Y. (2011) Las clases socio-territoriales entre movilidad metropolitana y repliegue barrial. ¿Tienen los pobladores pobres una movilidad de clase?, Revista Transporte y Territorio, 4, p. 84-117.
- KAHNEMAN, D. y TVERSKY, A. (1979) Prospect theory: an analysis of decision under risk. Econometrica, 47.
- Kaufmann, V. (2000). Mobilité quotidienne et dynamiques urbaines. La question du rapport modal. Lausana: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- KAUFMANN, V. (2002) Rethinking Mobiliy. Contemporary Sociology Ashgate.
- KAUFMANN, V. (2006) Motilité, latence de mobilité et modes de vie urbains. BONNET, M. Y AUBERTEL, P. (eds.), La ville aux limites de la mobilité. Paris, Puf, p. 223-233.
- KAUFMANN, V., BERGMAN, M.M. y JOYE, D. (2004) Motility: mobility as capital. International Journal of Urban and Regional Research, 28, p. 745-756
- KLOOSTERMAN, R.C. Y MUSTERD, S. (2001) The Polycentric Urban Region: Towards a Research Agenda. Urban Studies, 38, p. 623-633.

KRUGMAN, P. (1992) Geografía y Comercio. Antoni Bosch Editor.

LA CAIXA (2011) Áreas comerciales, mercado potencial y turismo. En: Anuario Económico de España 2011. Barcelona: Caja de Ahorros y Pensiones de Barcelona.

LAMBOOY, J. G. (1998) Polynucleation and urban development: the Randstad. *European Planning Studies*, 6, p. 457-467.

LATHAM, R.F. y YEATES, M.H. (1970) Population density growth on metropolitan Toronto. *Geographical Analysis*, 2, p. 177-185.

LATHROP, G.T. y COOK, K.E. (1990) The effect of beltways on urban development: a discussion of US experience. En *Institution of Civil Engineers. Orbital motorways*. Thomas Telford, London, p. 143-156.

LAVEDAN, P. (1959) *Historie de L'Urbanisme. Renaissance et Temps Mpdernes*. 2ª Ed. París, p. 33- 34.

LE BRETON, E. (2004) *Mobilité, exclusion et marginalité*. ALLEMAND, S., ASCHER, F., LÉVY, J. (dir.) *Les sens du mouvement*. Paris: Belin.

LE BRETON, É. (2006) *Homo mobilis*. BONNET, M.; AUBERTEL, P. (ed.) *La ville aux limites de la mobilité*, Puf, Paris, p. 23-31.

LEVINSON, D. y KUMAR, A. (1997) Density and the Journey to Work. *Growth and Change*, 28, 147-172.

Lévy, J. (2000) *Les Nouveaux Espaces de la Mobilité*. M. Bonnet y D. Desjeux. *Les Territoires de la Mobilité*. Paris: Presses Universitaires de France.

LEVY, J. (2001) Os novos espaços da mobilidade. *GEOgraphia*, 6, p. 7-22.

LIMTANAKOOL, N.; DIJST, M. y SCHWANEN, T. (2007) A theoretical framework and methodology for characterising national urban systems on the basis of flows of people: evidence for France and Germany. *Urban Studies*, 44, p. 2123–2145.

LLANO, C. (2006) Localización residencial y movilidad laboral: un análisis del commuting de trabajadores nacionales e inmigrantes en la Comunidad de Madrid. *Cuadernos de Economía*, p. 69-100.

LÖSCH, A. (1954) *The Economics of Location*, (Jena: Fischer), 1940. Traducción al inglés (New Haven, Conn: Yale University Press).

LUCAS, K., GROSVENOR, T. y SIMPSON, R. (2001) *Transport, the environment and the social exclusion*. Layerthorpe. Joseph Rowntree Foundation.

LUCAS, R.E. JR. y ROSSI-HANSBERG, E. (2002) On the Internal Structure of Cities. *Econometrica* 70, p.1445-1476.

MA, K.R. y BANISTER, D. (2007) Excess commuting: a critical review. *Transport Reviews* 26, p. 749-767.

MADDISON, D., PEARCE, D. y JOHANSSON, O. (1996) *The True Costs of Road Transport*. London. CSERGE.

MARMOLEJO, C. (2004) *Hacia una interpretación de la teoría de localización de oficina el territorio post industrial: el caso de Barcelona*. Tesis Doctoral dirigida por el Dr. Josep Roca i Cladera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universitat Politècnica de Catalunya.

MARMOLEJO, C. y STALLBOHM, M. (2008) En contra de la ciudad fragmentada: ¿hacia un cambio de paradigma en la Región metropolitana de Barcelona? *Scripta Nova*, 65.

MARMOLEJO, C. (2011) *La estructura urbana de las principales metrópolis españolas. Análisis sobre su nivel de policentrismo a partir de la distribución del empleo*. CPSV, Report 11.

MARMOLEJO, C. y CERDA, J. (2012a) *La densidad-tiempo: otra perspectiva de análisis de la estructura metropolitana*. *Scripta Nova*, 402.

Bibliografía

MARMOLEJO, C. y CHICA, E. y J. MASIP (2012b) ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: evolución de la influencia de los subcentros en la distribución de la población. ACE: Architecture, City and Environment, 18, p.163-190.

MARMOLEJO, C., RUIZ, N. y TORNÉS, M. (2013) Is the polycentrism a desirable feature in the construction of sustainable residential environments? Housing Environment, p. 99-108.

MARMOLEJO, C. (2014) El policentrismo revisitado: la percepción ciudadana como herramienta para la evaluación de centralidades urbanas. 10º Congreso Internacional: Ciudad y Territorio Virtual. Facultad de Arquitectura de la Universidad de Nuevo León, con la colaboración del CPSV.

MARMOLEJO, C., RUÍZ, N. y TORNÉS, M. (2015a) ¿Cuán policéntricas son nuestras ciudades? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. Revista: Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales. CyTET, 186.

MARMOLEJO, C. y TORNÉS, M. (2015b) ¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. Scripta Nova, 500.

MARMOLEJO, C.; ABAD, A.; CASAS, J.; FATANI, A.; MOLLÀ, M.; ORTEGA, S. *et al.* (2014) El policentrismo revisitado: la percepción ciudadana como herramienta para la evaluación de centralidades urbanas. 10º Congreso Internacional: Ciudad y Territorio Virtual, México.

MARMOLEJO, C.; CERDA, J. y TORNÉS, M. (2016) El estudio de la estructura urbana desde el punto de vista de la movilidad de la población en el territorio. En: Imaginarios de la movilidad. Editorial: Benito Narváez Tijerina. Nuevo León, México.

MARQUET, O. y MIRALLES, C. (2014) LA PROXIMIDAD EN BARCELONA. UN ANÁLISIS DESDE LOS TIEMPOS DE DESPLAZAMIENTO COTIDIANOS. Revista ciudades, 17, p. 99-120.

MARSHALL, A. (1920) Principles of Economics. London: Macmillan and Co.

MARTÍ, P. y MORENO, E. (2014) La transformación urbana y territorial de la ciudad de Murcia y su entorno (1977-2010) Estudios Geográficos, 276, p. 261-309.

MARTÍ, P. y NOLASCO, A. (2012) un caso paradigmático de sprawl: la costa de la provincia de Alicante. ACE: Architecture, City and Environment, 20, p. 173-198

MARTÍN, B. (2009) Condicionantes psicológicos de la movilidad. Universidad Miguel Hernández de Elche. Automóvil y medio ambiente. Cuando lo verde sale a cuenta: la hora del consumidor. RACC.

MARTÍN, B., CARBONELL, E., GÓMEZ, C. y SITGES, E. (1997) La elección de medio de transporte urbano desde el punto de vista motivacional y actitudinal. Revista Electrónica de Motivación y Emoción, 10.

Martín Urbano, P. (1993) Infraestructura del transporte terrestre y desarrollo regional. Tesis Doctoral presentada en la Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

MARTORI CAÑAS, J. C. (2010) Las consecuencias del boom inmobiliario. Cambios en la densidad de las metrópolis españolas, 2001-2007. Scripta Nova, 333.

MASIP, J. y ROCA, J. (2012) anàlisi retrospectiu del sistema metropolità de Barcelona i la seva influència en l'estructura urbana. ACE: architecture, city and environment, 18, p. 101-138

MCDONALD, J. (1987) The Identification of Urban Employment Subcenters. Journal of Urban Economics, 21, p. 242-258.

MCDONALD, J. y MCMILLEN, D. (1990) Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago. Environment and Planning A, 22, p. 1561-1574.

- MCDONALD, J. F. y MCMILLEN, D.P. (2000) Employment Subcenters and Subsequent Real Estate Development in Suburban Chicago. *Journal of Urban Economics*, 48, p. 135-157.
- MCDONALD, J. y PRATHER, P. (1994) Suburban employment centres: The case of Chicago. *Urban Studies*, 31, p. 201-218.
- McMILLEN, D.P. (1996) One hundred fifty years of land values in Chicago: A nonparametric approach, *Journal of Urban Economics*, 40, p. 100-124.
- MCMILLEN, D.P. (2001) Non-Parametric Employment Subcenter Identification. *Journal of Urban Economics*, 50, p. 448-473.
- McMILLEN, D.P. (2004) Employment densities, spatial autocorrelation, and subcenters in large metropolitan areas, *Journal of Regional Science*, 44, p. 225- 243.
- McMILLEN, D.P. y LESTER, T.W. (2003) Evolving subcenters: Employment and population densities in Chicago, 1970-2020. *Journal of Housing Economics*, 12, p. 60-81.
- MCMILLEN, D.P. y MCDONALD, J. (1997) A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City. *Journal of Regional Science*, 37, p. 591-612.
- McMILLEN, D.P. y McDONALD, J. (1998) Suburban subcenters and employment density in metropolitan Chicago, *Journal of Urban Economics*, 43, p. 157-180.
- MEIJERS, E. (2008) Measuring Polycentricity and its Promises. *European Planning Studies*, 16, p. 1313-1323.
- MEIL, G. y AYUSO, L. (2007) Movilidad laboral geográfica y vida familiar. Ponencia al IX Congreso Español de Sociología, Barcelona, GT03, Sesión 2ª.
- MELLA, J.M. y LÓPEZ, A. (2006) Forma urbana y movilidad sostenible: el caso de Madrid. *Revista del Instituto Estudios Económicos*, 1-2, p.158-189.
- MENDIZÁBAL, E. (1996) L'ús temporal del territori. L'exemple dels habitants de la Regió Metropolitana de Barcelona. Tesis doctoral. Belaterra. Departamento de Geografía, Universitat Autònoma de Barcelona.
- MERLIN, P. (1991) Géographie, économie et planification des transports. Paris: P.U.F., 472 p.
- MIGNOT, D.; AGUILERA, A.; BLOY, D.; CAUBEL, D. y MADRE, J.L. (2010) Formas urbanas, movilidad y segregación. *Urban Public Economics Review*, 12.
- MILLS, E. (1972) *Studies in the Structure of the Urban Economy*. Baltimore: The John Hopkins Press.
- MIRALLES, C (1997): *Transport i ciutat. Reflexió sobre la Barcelona contemporània*. Bellaterra, UAB-Servei de Publicacions.
- MIRALLES, C. (1999) Modelos de movilidad en la Barcelona contemporánea. En García, A. y Rueda, S. (eds.): *La ciudad sostenible*, p. 36-51.
- MIRALLES, C. (2002) *Ciudad y transporte un binomio imperfecto*. Ariel Geografía, Barcelona, España.
- MIRALLES, C. (2012) Las encuestas de movilidad y los referentes ambientales de los transportes. *Eure*, 38, p. 33-45.
- MIRALLES, C. (2013) La movilidad, los transportes y el territorio. un triangulo liquido y multiforme. Seminario Internacional 20 Aniversario de la RII "La investigación urbano-regional en Iberoamérica ante la crisis mundial: problemas, desafíos, prioridades". Organización: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Arquitectura Red Iberoamericana de Investigadores sobre Globalización y Territorio (RII). Monterrey, Nuevo León, México.
- MIRALLES, C. y CEBOLLADA, Á. (2003) *Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad*. Laboratorio de Alternativas Barcelona, documento de trabajo 25, 54 p.

Bibliografía

- MIRALLES, C., y CEBOLLADA, À. (2009) Movilidad cotidiana y sostenibilidad, una interpretación desde la geografía humana. *Boletín de La A.G.E.N.*, p. 193–216.
- MIRALLES, C. y MARTÍNEZ, M. (2012a) Las divergencias de género en las pautas de movilidad en Cataluña, según edad y tamaño del municipio. *Revista Latino-americana de geografía e género*, Ponta Grossa, 2.
- MIRALLES, C., MARTINEZ, M. y MARQUET, O. (2012b) El uso del transporte privado. Percepciones individuales y contradicciones colectivas en un marco de sostenibilidad ambiental y social. *ACE: Arquitectura, ciudad y entorno*, 7, 19, p. 95-110.
- MÓDENES, J. (2007) Movilidad espacial: uso temporal de territorio y poblaciones vinculadas. Pamplona, ponencia presentada en el X Congreso de la Población Española.
- MOHÍNO SANZ, I., UREÑA FRANCÉS, J. M. y MARTÍNEZ SÁNCHEZ-MATEOS, H. S. (2014) Relaciones funcionales de profesionales altamente cualificados en áreas distantes de regiones urbanas multicéntricas: el caso de los Ingenieros de Caminos en el contexto madrileño. *Scripta Nova*, 488.
- MOKHTARIAN, P. L. y CAO, X. (2008) Examining the impacts of residential self-selection on travel behavior: a focus on methodologies, *Transportation Research Part B: Methodological*, 43, p. 204–228.
- MONCLÚS, F. J. (1992) Infraestructuras de transporte y crecimiento urbano en EEUU. *Literatura reciente y nuevas perspectivas. Historia urbana*, 1, p. 37-53.
- MONZÓN, A. y LÓPEZ, M.E. (2004) La planificación conjunta de usos de suelo y transporte al servicio del desarrollo urbano sostenible: una guía de buenas prácticas. VI Congreso de Ingeniería del Transporte. Zaragoza.
- MUGURUZA CAÑAS, C. y SANTOS PRECIADO, J. M. (1990) la desaceleración metropolitana y su reflejo en la realidad urbana del occidente europeo. *Espacio, tiempo y forma. Revista de la Facultad de Geografía e Historia d la UNED*, p 167-193.
- MUMFORD, L. (1951) *The Insensate Industrial Town*. Apud Paul K. Hall y Albert J. Reiss. *Urban Sociology*. The Free Press, Glencoe, Illinois.
- MUÑIZ, I., GALINDO, A. y GARCIA, M.A. (2003) Cubic spline population density functions and satellite city delimitation: The case of Barcelona, *Urban Studies*, 40, p. 1303-1321.
- MUÑIZ, I.; GALINDO, A. y GARCÍA-LÓPEZ, M.A. (2005) Descentralización, integración y policentrismo en Barcelona. Departamento de Economía Aplicada, Universitat Autònoma de Barcelona,
- MUÑIZ, I.; A. GALINDO y GARCÍA-LÓPEZ, M.A. (2008) El efecto de los subcentros sobre la densidad de población en Barcelona. *Urban Studies*, 45, p. 627-649.
- MUÑIZ, I. y GARCÍA-LÓPEZ, M.A. (2009) Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento. En: *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 160.
- MUÑIZ, I. y GARCÍA-LÓPEZ, M.A. (2012) Chaos and order in the contemporary city. The impact of urban spatial structure on population density and commuting distance in Barcelona, 1986-2001. Working paper. Departamento de Economía Aplicada UAB.
- MUNIZ, I. y GARCIA-LOPEZ, M.A. (2013) Anatomía de la dispersión urbana en Barcelona. *EURE*, 116, p. 189-219.
- MUÑIZ, I.; GARCIA-LOPEZ, M.A. y CALATAYUD, D. (2006) *Sprawl. Definición, causas y efectos*. Universidad de Autónoma de Barcelona. Ministerio de Fomento.
- MUÑOZ, F. (2006) El tiempo del territorio, los territorios del tiempo. Nogué y Romero (Eds.). *Las otras geografías. Colección crónica*. Valencia, p. 235-254
- MUÑOZ, F. (2007) La ciudad de baja densidad: Lógicas, gestión y contención. *Colección Estudios Serie Territorio*, 1, p. 51-84.

- MUÑOZ, J.P. (2012) Los sistemas de peaje urbano: estudio y predicción de los efectos derivados de la implantación de un sistema de peaje urbano para la Ciudad de Madrid. Tesis doctoral dirigida por el Dr. Daniel Carrasco Díaz y Dra. Francisca Anguita Rodríguez. Universidad Rey Juan Carlos.
- MUTH, R.F. (1969) Cities and Housing. The spatial pattern of urban residential land use. Chicago: The University of Chicago Press.
- NAESS, P. (2007) The impacts of job and household decentralization on commuting distances and travel modes. *Informationen zur Raumentwicklung* Heft 2/3, p. 149-168.
- NAESS, P. y SANDBERG, S.L. (1996) Workplace location, modal split and energy use for commuting trips. *Urban Studies*, 33, p. 557-580.
- NELLO, O. y MUÑOZ, F. (2004) El proceso de urbanización. ROMERO, J. (coord.), *Geografía Humana*. Barcelona: Ed. Ariel, p. 255-332.
- NEWLING, B. (1969) The spatial variation of urban population densities. *Geographical Review*, 59, p. 242-252.
- O'Sullivan A. (2007) *Urban Economics*. 6ta Edición, Mc graw Hill, Nueva York.
- OECD (2012) Compact city policies: a comparative assessment. Organisation for Economic Cooperation and Development, Green Growth Studies, OECD Publishing.
- OFFNER, J.M. (1993) Les effets structurants du transport: mythe politique, mystification scientifique. *L'Espace Géographique*, 3, p. 233-242.
- OGAWA, H. y FUJITA, M. (1980) Equilibrium land use patterns in a non-monocentric city. *Journal of Regional Science*, 20, p. 455-475.
- ORFEUIL, J. P. (2004) Quand la mobilité n'est pas une affaire de transport (avant propos). Orfeuil, J. P. Transports, pauvreté et exclusions. Pouvoir bouger pour s'en sortir. La Tour d'Aigues (Francia).
- ORTEGA Y GASSET, J. (1975) Sobre enemistarse y alterarse. *Cuadernos hispanoamericanos*, 7, p. 2-5.
- ORTÚZAR, J. y WILLUMSEN L. (2001) *Modelling Transport*. 3rd edition. Wiley and Sons, Chichester.
- PAPAGEORGIOU, Y.Y. y PINES, D. (1999) *An essay on urban economic theory*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Parr, J. (2004) The polycentric urban region: A closer inspection. *Regional Studies*, 38, 231- 240.
- PARRA, D. F. (2014) Productividad y motivación: Aportes de la economía del comportamiento experimental. Elección racional, Experimentos.
- PAROLIN, B. (2004) Employment Centres and the Journey to Work in Sydney: 1981-2001. *City Economy*. 16.
- PENG, Z. (1997) The Jobs- Housing Balance and Urban Commuting. *Urban Studies*. 8, p. 1215-1235.
- PHILLIPS, D. R. y WILLIAMS, A. M. (1984) *Rural Britain: a Social Geography*. Blackwell, Oxford.
- PICCINATO, L. (1943) *Urbanistica Medioevale*. En *L'Urbanista dall'Antichità ad Oggi*, de varios autores, Firenze.
- PIRENNE, H. (1925) *Medieval cities: Their Origin and the Revival of Trade*. University Press.
- PRED, A. (1977) *City-systems in advanced economies: past growth, present processes, and future development options*. Hutchinson, Londres. Kluwer Academic Publishers.
- PROSPECTS (2003) *Developing Sustainable Land Use and Transport Strategies and Transport Strategies. A methodological Guidebook*. European Commission.
- RALLET, A. (1998) Proximités urbaines et information. HURIOT J.M., *La ville ou la proximité organisée*, p. 103-113, *Anthropos, diffusion Economica*, Paris.

Bibliografía

RAMÍREZ, F. (2003) Valoración de la congruencia espacial entre la actividad residencial y terciaria en el centro urbano de Barcelona. Tesis doctoral dirigida por Josep Roca Cladera. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

RAMÍREZ, L. (2008) revisión teórica de la estructura espacial y la identificación de subcentros de empleo. Ensayos de economía, 33, p.141-178.

REDFEARN, C. (2007) The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area. Journal of Urban Economics, 61, p. 519-561.

REQUES, P. (2011) Transformaciones espaciales y procesos sociodemográficos en la ciudad. PUJADAS et al (Ed.) Población y Espacios Urbanos. Ed. AGE. Universidad de Barcelona, p. 235-284.

RERAT, P. y LEES, L. (2011) Spatial capital, gentrification and mobility: evidence from Swiss core cities. Transactions of the Institute of British Geographers, 36, p. 126-142.

RICHARDSON, H.W. (1986) Economía Regional y Urbana. Alianza Universidad. Madrid.

ROBERT, J. (1980) Le temps qu'on nous vole. Como. Red edizione.

ROCA, J.; ARELLANO, B. y MOIX, M. (2011) Estructura urbana, policentrismo y sprawl: los ejemplos de Madrid y Barcelona. CyTET, 168, p. 299-321.

ROCA, J.; MARMOLEJO, C. y MOIX, M. (2009) Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the subcentre concept. Urban Studies, 46, p. 2841-2868.

ROCA, J. y MOIX, M. (2005) The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems. Regional Studies, 39, p. 359- 375.

ROCA CLADERA, J.; MOIX, M. y ARELLANO, B. (2012) El sistema urbano en España. Scripta Nova, 395.

RUIZ, M. y MARMOLEJO, C. (2008) Hacia Una Metodología Para La Detección De Subcentros Comerciales: Un Análisis Para Barcelona y su Área Metropolitana. ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno, 8, p. 199-217.

RUIZ, N. (2016) Estudio de la estructura urbana e identificación y análisis del impacto de la localización de la actividad económica sobre las dinámicas territoriales. El caso de Bogotá, Colombia. Tesis doctoral dirigida por Roca, J. y Marmolejo, C. Departamento de Tecnología de la Arquitectura. Programa de Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica. Universitat politècnica de Catalunya. Barcelona.

RUIZ, N., MARMOLEJO, C. y TORNÉS, M. (2013) Functional Polycentricity and its role in the emergence of structural places: the case of major Spanish metropolitan areas. 53rd European Regional Science Association ERSACongress, Palermo.

RUIZ GONZÁLEZ, F. (2011) Áreas Urbanas de España. Proyecto AUDES. Universidad de Castilla-La Mancha. <http://alarcos.esi.uclm.es/per/fruiz/audes/>

SABATÉ, A.; RODRÍGUEZ, J. M. y DÍAZ, M. A. (1995) Mujeres, espacio y sociedad. Hacia una geografía del género. Madrid. Síntesis.

SALERNO, B. (2012) Una aproximación a la oferta de transporte público en las urbanizaciones informales de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Revista Transporte y Territorio Nº 6, p. 84-105, Universidad de Buenos Aires.

SALOM, J. y ALBERTOS, J. M. (2010) Densidad de La red viaria y forma urbana: Delimitación del espacio urbano en ocho aglomeraciones españolas. *IV Jornadas de Geografía Económica*. León.

SÁNCHEZ TRUJILLO, V. (2013) Policentrismo funcional y policentrismo morfológico. Una perspectiva mexicana. Paper Universitat Autònoma de Barcelona.

SÁNCHEZ TRUJILLO, V. (2014) Journey to work in Mexican Valley: is polycentric structure reducing commuting activity? Preliminary draft. Universitat Autònoma de Barcelona.

SANDOW, E. (2008) Commuting behaviour in sparsely populated areas: evidence from northern Sweden. *Journal of Transport Geography*, 1, p. 14-27.

SANTOS, H. (2013) ¿Es la ubicación un factor determinante para la industria conservera? Evidencia empírica para el caso de las empresas gallegas durante la primera década del s. XXI. Trabajo de Fin de Grado presentado en la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de A Coruña para la obtención del Grado en Administración y Dirección de empresas.

SANTOS PRECIADO, J.M. (2000) La formación y desarrollo de las áreas metropolitanas. En cambios de la población española a lo largo del siglo XX. *Revista a distancia. UNED*, p. 162-170.

SANTOS PRECIADO, J. M., AZCÁRATE LUXÁN, M. V., COCERO MATESANZ, D., GARCÍA LÁZARO, F. J. y MUGURUZA CAÑAS, C. (2012) Pautas del modelo de crecimiento actual en las principales aglomeraciones urbanas de nuestro país, Ed. Rama, Madrid, p. 1-50.

SASAKI, K. (1990) The establishment of a subcenter and urban spatial structure. *Environment and Planning*, 22, p.369-383.

Schlich, R. y K. W. Axhausen (2003) Habitual travel behaviour: evidence from a six-week travel diary. *Transportation*, 30, p. 13-36.

SCHWANEN, T. (2004) The determinant of shopping duration on workdays in the Netherlands. *Journal of Transport Geography*, 12, p. 35-48.

SCHWANEN, T.; DIJST, M. y DIELEMAN, F.M. (2001) Leisure Trips of Senior Citizens: Determinants of Modal Choice. In: *SOCIALE GEOGRAFIE*, 92, p. 347-360.

SCHWANEN, T.M DIJST, M. y DIELEMAN, F.M. (2002) A microlevel análisis of residencial context and travel time. *Environmental and planning A*, 34, p. 1487-1507.

SEGUÍ PONS, J.M. y MARTÍNEZ REYNES, M. R. (2004) *Geografía de los Transportes*, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca, 444 p.

SERRANO, J.M. (2006) Aglomeraciones y áreas urbanas en España, dimensión y tendencias: Breves precisiones. *Lurralde: Investigación y espacio*, 29, p. 115-142.

SHEARMUR, R. y COFFEY, W. (2002) A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996. *Environment and Planning A*, 34, p. 575-598.

SILVA COSTA, J. y NIJKAMP, P. (2009) *Compêndio de Economia Regional. Volume I, teoría, temáticas e políticas*. Principia.

SIMON, H. A.(1989) : *Models of Thought*. Vol 2. Yale Univ. Press, New Haven.

SIMÓN, R. y HERNÁNDEZ, A. (2009) Relaciones entre cambio de modelo urbano-territorial y consumo de suelo en los municipios españoles. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 19 p.

SMALL, K. A. y SONG, S. (1994) Population and Employment Densities: Structure and Change. *Journal of Urban Economics*, 36, p. 292-313.

SMITH, A. (1961) *The Wealth of Nations*. Ed. Por Edwin Cannan. University Paperbacks. London, p. 8- 9.

SONG, S. (1994) Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region. *Urban Studies*, 31, p. 1533-1544.

SPENGLER, O. (1966) *La decadencia de Occidente*, vol. III.

Bibliografía

- SPIEKERMANN, K. y M. WEGENER (2004) Evaluating Urban Sustainability Using Land Use Transport Interaction Models. *EJTIR*, 3, p. 251-272.
- STEAD, D. (1999) Planning for less travel - identifying land use characteristics associated with more sustainable travel patterns. Unpublished PhD Thesis, Bartlett School of Planning, University College London, London.
- STEAD, D. y MARSHALL, S. (2001) The Relationships between Urban Form and Travel Patterns. An International Review and Evaluation. Bartlett School of Planning. University College London. *EJTIR*, 2, p. 113 – 141.
- STEG, L. (2005) Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use *Transportation Research A*, 39, p.147-162.
- SULLIVAN, A.M. (1986) A General Equilibrium Model with Agglomerative Economies and Decentralized Employment. *Journal of Urban Economics*, 20, p. 55-75.
- SULTANA, S. (2000) Some Effects of Employment Centers on Commuting Times in the Atlanta Metropolitan Area, 1990. *Southeastern Geographer*, 2, p. 225-233.
- SULTANA, S. y WEBER, J. (2007) Journey-to-work patterns in the age of sprawl: evidence from two midsize Southern metropolitan areas. *Professional Geographer*, 59, p. 193–208.
- TAPIA, A.; SICHEL, V.; TUDELA, A. y CARRASCO, J. (2013) El impacto de variables de personalidad en la estimación de la demanda. Un estudio de caso Concepción. XVI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte Santiago.
- TITHERIDGE, H. y HALL, P. (2006) Changing travel to work patterns in South East England» en *Journal of Transport Geography*, 14, p. 60-75.
- TORAL, M. (2001) El factor espacial en la convergencia de las regiones de la Unión Europea: 1980-1996. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Pontificia Comillas de Madrid, España.
- TORNÉS, M. (2011) Estudio sobre el impacto de la estructura urbana en la eficiencia de la urbanización: un primer análisis del consumo de suelo en las 7 principales metrópolis españolas. Tesis máster. Departamento de Tecnología de la Arquitectura. Máster oficial en Arquitectura y Valoración Urbana. Universitat politècnica de Catalunya. Barcelona. Director: Marmolejo, C.
- TORNÉS, M. (2015) Nuestro bien máspreciado, el tiempo. *Revista: GeocritiQ*, 125.
- TORNÉS, M. y MARMOLEJO, C. (2012) ¿Reduce el policentrismo el consumo de suelo urbanizado? Una primera aproximación para las siete principales áreas metropolitanas españolas. *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 18.
- TRULLÉN, J. y BOIX, R. (2000) Policentrismo y redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona. Ponencia presentada al III Encuentro de Economía Aplicada, Valencia.
- TRULLEN, J. y BOIX, R. (2003) Barcelona, Metrópolis Policéntrica En Red, Working paper, 03.03 del departamento de Economía Aplicada Universidad Autónoma de Barcelona.
- TSAI, Y. (2005) Quantifying Urban Form: Compactness versus Sprawl. *Urban Studies*, 42, p. 141-161.
- URRY, J. (2000) *Sociology Beyond Societies: Mobilities for the twenty-first century*. London and New York: Routledge.
- VALENZUELA, L. M., SORIA, J. A. y TALAVERA, R. (2011) Hacia la integración de los planes y proyectos andaluces de movilidad metropolitana. *Scripta Nova*, 349.
- VALENZUELA, L.; NAVARRO, M. L. y SORIA, J. A. (2012) Enfoque Metodológico Para La Valoración De Escenarios De La Movilidad Urbana Frente Al Cambio Climático. *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 7, p. 111-128.
- VAN DE COEVERING, P. y SCHWANEN, T. (2006) Re-evaluating the Impact of Urban Form on Travel Patterns in Europe and North-America. *Transport Policy*, 3, p. 229-239.

- VAN DER LAAN, N. (1998) Changing urban systems: an empirical analysis at two spatial levels, *Regional Studies*, 32, p. 235-47.
- VELTZ, P. (1999) *Mundialización, ciudades y territorios*. Barcelona. Ariel.
- VENABLES, A. (2006) Shifts in Economic Geography and Their Causes. Presentado en el Federal Reserve Bank of Kansas City's symposium, *The New Economic Geography: Effects and Policy Implications*.
- VENERI, P. (2010) The identification of sub-centres in two Italian metropolitan areas: A functional approach. *Quaderno di Ricerca*, 343 (Dipartimento di Scienze Economiche e Sociali, Università Politecnica Delle Marche/UPM).
- VERPLANKEN, B. y SVENSON, O. (1997) Personal involvement in human decision-making: On conceptualizations and effects on decision processes. In R. Ranyard, W. R. Crozier, y O. Svenson (Eds), *Decision making: Cognitive models and explanations*. London: Routledge.
- VIDAL DE LA BLANCHE, P. (1922) *Principios de la geografía humana*.
- VIÑUELA, A., FERNÁNDEZ, E. y RUBIERA, F. (2012) Una aproximación input-output al análisis de los procesos centrípetos y centrífugos en Madrid y Barcelona. En *ACE: Architecture, City and Environment*, 6, p. 139-162.
- VON THUNEN, J. H. (1826) *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationaloekonomie*.
- WACHS, M. y TAYLOR, B. D. (1993) The changing commute: A case-study of the jobs-housing relationship over time. *Urban Studies*, 30, p. 1711.
- WANG, F. (1999) Modeling a Central Place System with Interurban Transport Costs and Complex Rural Hinterlands. *Regional Science and Urban Economics*, 29, p. 381-409.
- WEBER, A. (1929) Alfred Weber's theory of the location of industries. University of Chicago Press. Chicago (ed. Orig. ted. 1909)
- WEHRHAHN, R. (2001) Gated communities in der postmodernen Stadt, untersucht am Beispiel Madrid. Kiel, Universidad de Kiel.
- WHITE, M. (1988) Location Choice and Commuting Behavior in Cities with Decentralized Employment. *Journal of Urban Economics*, 24, p. 129-152.
- WHITE, M. (1999) Urban Areas with Decentralized Employment: Theory and Empirical Work. En *Handbook of Regional and Urban Economics*, eds. E.S. Mills y P. Cheshire, 3, p. 1375-1412.
- WIEAND, K.F. (1987) An Extension of the Monocentric Urban Spatial Equilibrium Model to a Multi-Center Setting: The Case of Two Center City. *Journal of Urban Economics*, 21, p. 259-271.
- WIEL, M. (1999) La transition urbaine ou le passage de la ville pedestre à la ville motorisée. Sprimont: Mardaga, 149 p.

Índice de tablas

Tabla 1. Trabajos sobre modelos exógenos de la estructura espacial del empleo.....	60
Tabla 2. Trabajos sobre modelos endógenos de la estructura espacial del empleo.....	64
Tabla 3. Formas de moverse y modelos de vida según el territorio.....	97
Tabla 4. Tipos de medios de transporte utilizados en los desplazamientos entre las diferentes áreas urbanas.....	98
Tabla 5. Elementos estructurantes y factores de cambio de la movilidad.....	109
Tabla 6. Síntesis del estado del arte de los métodos basados en el análisis de Densidad.....	145
Tabla 7. Síntesis del estado del arte de los métodos basados en el análisis de Flujos.....	165
Tabla 8. Categorías de suelo y códigos CLC 2000.....	190
Tabla 9. Análisis de metodologías de delimitación de áreas metropolitanas.....	192
Tabla 10. Estructura urbana de las principales metrópolis españolas.....	252
Tabla 11. Indicador de Polinucleación (Entropía de la distribución del empleo en los núcleos).....	257
Tabla 12. Nivel de policentrismo de las metrópolis españolas.....	268
Tabla 13. Datos de las áreas metropolitanas estudiadas.....	270
Tabla 14. Porcentaje de Industria y Oficinas en las dos principales metrópolis españolas: Madrid y Barcelona.....	272
Tabla 15. Indicadores sintéticos de la estructura de la actividad económica de las áreas metropolitanas españolas.....	279
Tabla 16. Indicadores sintéticos de la estructura de la población ocupada de las áreas metropolitanas españolas.....	282
Tabla 17. Modelos regresión 1 para la densidad urbana usando sólo la distancia a los núcleos funcionales.....	287
Tabla 18. Modelos de regresión 2 de densidad urbana considerando la distancia funcional a núcleos y otras variables de control.....	291
Tabla 19. Modelo regresión 3 para la densidad urbana teniendo en cuenta sólo los subsistemas estructurados subcentros integrados.....	295
Tabla 20. Modelos de regresión 4 para la densidad empleo, teniendo en cuenta la distancia a subcentros funcionales y otras variables de control.....	297
Tabla 21. Modelos de regresión 4 para la densidad de la población, teniendo en cuenta la distancia a subcentros funcionales y otras variables de control.....	299
Tabla 22. Modelos de regresión 5 localmente ponderada para la densidad de la población.....	301
Tabla 23. Modelos de regresión 5 localmente ponderada para la densidad de empleo.....	303
Tabla 24. Caracterización de los diferentes entornos metropolitanos según una selección de variables urbanísticas y del mercado laboral.....	340

Tabla 25. Modelo de regresión explicativo del exceso de movilidad.....	342
Tabla 26. Datos de Población ocupada residente y <i>resident workers</i> según Censo 2001 (conjunto de las 7 AM).....	345
Tabla 27. Datos de Población ocupada residente y <i>resident workers</i> según Censo 2001 clasificados por género.....	356

Índice de figuras

Figura 1. Impacto potencial de los subcentros sobre la función de densidad de usos del suelo (inversa del consumo de suelo).....	22
Figura 2. Asignación de usos del suelo del modelo de von Thünen	36
Figura 3. Teoría de las rentas de accesibilidad-localización de Alonso	38
Figura 4. Punto de mínimo coste de transporte	42
Figura 5. Territorio lineal ideado por Hotelling	43
Figura 6. Conformación de la jerarquía de los centros	45
Figura 7. Cono de demanda	46
Figura 8. Proceso de determinación de las áreas de mercado hexagonales.....	47
Figura 9. Isodápanas según Weber y Lösch.....	49
Figura 10. Economías de localización	53
Figura 11. Economías de urbanización.....	54
Figura 12. Evolución de la estructura espacial del empleo en un modelo NUE exógeno	59
Figura 13. Renta del suelo.....	61
Figura 14. Estructura espacial del empleo en un modelo NUE endógeno: tres configuraciones posibles..	63
Figura 15. Policentrismo originado por la descentralización	67
Figura 16. Policentrismo originado por la integración	68
Figura 17. Lugares centrales	71
Figura 18. Sistemas de ciudades.....	71
Figura 19. Evolución de Londres (1860-1929).....	75
Figura 20. Esquema del concepto de estructura urbana	82
Figura 21. Relación entre el modelo urbano monocéntrico y la red de flujos.....	103
Figura 22. Relación entre el modelo urbano mixto y la red de flujos.....	104
Figura 23. Relación entre el modelo urbano policéntrico y la red de flujos	104
Figura 24. Relación de la accesibilidad con la movilidad y el transporte	128
Figura 25. Esquema de commuting según el tipo de estructura urbana	142
Figura 26. Enfoque morfológico de los métodos de análisis para el estudio de estructuras urbanas policéntricas	146
Figura 27. Función exponencial negativa	151
Figura 28. Función lineal negativa	152
Figura 29. Función cubic spline	153
Figura 30. Regresión localmente ponderada	154
Figura 31. Impacto potencial de los subcentros sobre el gradiente de densidad (inversa del consumo de suelo)	156
Figura 32. Enfoque funcional de los métodos de análisis para el estudio de estructuras urbanas policéntricas	165
Figura 33. Topología y topografía.....	169
Figura 34. Esquema de especialización empleo y vivienda	184
Figura 35. Esquema de diversidad de vivienda y empleo.....	184
Figura 36. Área metropolitana de Madrid. COPLACO (1964).....	193

Figura 37. Metodología de delimitación de la UPC. Roca (2007)	193
Figura 38. Esquema de los diferentes flujos tomados en consideración para el cálculo del Valor de Interacción	195
Figura 39. Árbol jerárquico urbano según las relaciones funcionales en las principales áreas metropolitanas españolas	231
Figura 40. Caracterización de las siete principales áreas metropolitanas de España	232
Figura 41. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Barcelona	234
Figura 42. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Bilbao	235
Figura 43. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Madrid	237
Figura 44. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Málaga	238
Figura 45. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Sevilla	240
Figura 46. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Valencia	241
Figura 47. Modelo digital del terreno (MDT) del Área Metropolitana de Zaragoza	243
Figura 48. Subcentros de empleo de las principales metrópolis españolas	245
Figura 49. Límites de los sistemas urbanos y distribución espacial de los continuos económicos centrales de las principales metrópolis españolas	247
Figura 50. Subcentros integrados (maduros) de las principales áreas metropolitanas españolas según Marmolejo y Tornés (2015b)	249
Figura 51. Subcentros descentralizados (emergentes) de las principales áreas metropolitanas españolas según Marmolejo y Tornés (2015b)	251
Figura 52. Nivel de Polinucleación de los sistemas urbanos en España 2001	255
Figura 53. Nivel de Policentricidad de los sistemas urbanos en España	259
Figura 54. Indicador de Policentricidad orbital (PGF orbital)	261
Figura 55. Indicador de Policentricidad radiocéntrica (PGF radiocéntrica)	262
Figura 56. Nivel de Policentricidad orbital y radiocéntrica	263
Figura 57. Ratio de Policentricidad radiocéntrica sobre orbital	264
Figura 58. Matrices de flujos de trabajadores entre los subsistemas de las principales metrópolis españolas según Censo de 2001	265
Figura 59. Polinucleación vs Policentricidad	267
Figura 60. Consumo de suelo per cápita en las siete principales metrópolis españolas (km ² /personas)	273
Figura 61. Densidad en las siete principales metrópolis españolas (persona/km ² suelo urbanizado)	275
Figura 62. Ejemplo del cálculo de la complejidad orográfica en el Área Metropolitana de Barcelona	276
Figura 63. Complejidad Orográfica en las siete principales metrópolis españolas	277
Figura 64. Representación de las actividades económicas intensivas (con un consumo de suelo potencialmente menor)	280
Figura 65. Representación de las actividades “manufactureras” y de construcción periféricas (con un consumo de suelo potencialmente mayor)	281
Figura 66. Fragmentación urbana en las siete principales metrópolis española	284
Figura 67. Ejemplo del cálculo de la fragmentación del tejido urbanizado en el Área Metropolitana de Barcelona	286
Figura 68. Logaritmo natural (Ln) del exceso de movilidad de las principales áreas metropolitanas españolas	307

Índice de figuras

Figura 69. Densidad de servicios de transporte masivo entre municipios para cada una de las principales áreas metropolitanas	309
Figura 70. Densidad de accesos a vías rápidas de pago para cada una de las principales áreas metropolitanas españolas	311
Figura 71. Equilibrio entre la oferta y la demanda desde la perspectiva de la CNO-94 de las principales metrópolis españolas	313
Figura 72. Equilibrio entre la oferta y la demanda desde la perspectiva de la CNAE-93 de las principales metrópolis españolas	315
Figura 73. Nivel de autocontención entre los trabajadores residentes y la población ocupada residente en un municipio en las principales metrópolis españolas	317
Figura 74. Relación entre el empleo (LTL) y los trabajadores de un municipio (POR) en las principales metrópolis españolas	319
Figura 75. Relación entre el empleo (LTL) y las viviendas totales existentes en un municipio en las principales metrópolis españolas	321
Figura 76. Diversidad de la tipología de las viviendas dentro de un municipio en las principales metrópolis españolas	323
Figura 77. Diversidad sectorial del empleo (LTL) dentro de un municipio en las principales metrópolis españolas	325
Figura 78. Porcentaje de especialización industrial en las principales áreas metropolitanas españolas ..	327
Figura 79. Componente factorial del nivel socioprofesional alto	329
Figura 80. Componente factorial del nivel socioprofesional medio- bajo	331
Figura 81. Componente factorial del nivel socioprofesional bajo	333
Figura 82. Movilidad observada y monocéntrica	336
Figura 83. Relación entre los indicadores de policentrismo y la movilidad relativizada	338
Figura 84. Distancia total recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas controlando el tamaño de los municipios	347
Figura 85. Distancia media total recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas controlando el tamaño de los municipios	348
Figura 86. Comparación de las distancias totales (controlando el tamaño y no) según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas	349
Figura 87. Distancia externa recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios	350
Figura 88. Distancia externa media recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios	351
Figura 89. Comparación de las distancias externas (controlando el tamaño y no) según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas	352
Figura 90. Distancia interna recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios	353
Figura 91. Distancia interna media recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios	354
Figura 92. Comparación de las distancias internas (controlando el tamaño y no) según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas	355

Figura 93. Distancia total recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios	358
Figura 94. Distancia externa recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios	360
Figura 95. Distancia interna recorrida por las personas ocupadas según el municipio de residencia de las siete principales áreas metropolitanas sin controlar el tamaño de los municipios	362

Anexo I

Tablas de caracterización de la estructura urbana

Tabla 1. Subcentros de empleo de las principales metrópolis españolas

Área metropolitana de Barcelona				Área metropolitana de Málaga			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE	Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Arboç	43016	Palau	08156	Aznalcóllar	41013	Mairena del Alcor	41058
Arenys de mar	08006	Pineda	08163	Brenes	41018	Sanlúcar la Mayor	41087
Barcelona	08019	Rubi	08184	Carmona	41024	Sevilla	41091
Blanes	17023	Sabadell	08187	Gerena	41045	Utrera	41095
Cardedeu	08046	Sant andreu	08196	Área metropolitana de Sevilla			
Garriga	08088	Sant boi	08200	Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Granollers	08096	Sant celoni	08202	Aznalcóllar	41013	Mairena del Alcor	41058
Hostalric	17083	Sant sadurni	08240	Brenes	41018	Sanlúcar la Mayor	41087
Malgrat	08110	Terrassa	08279	Carmona	41024	Sevilla	41091
Martorell	08114	Vendrell	43163	Gerena	41045	Utrera	41095
Mataro	08121	Vilafranca	08305	Área metropolitana de Valencia			
Mollet	08124	Vilanova	08307	Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Área metropolitana de Bilbao				Alberic	46011	Picassent	46194
Bermeo	48017	Igorre	48094	Almussafes	46035	Pobla Llarga (la)	46203
Bilbao	48020	Lekeitio	48057	Alzira	46017	Quart de Poblet	46102
Castro urdiales	39020	Llodio	01036	Buñol	46077	Sagunto	46220
Deba	20029	Markina	48060	Carlet	46085	Silla	46230
Durango	48027	Mungia	48069	Chiva	46111	Sueca	46235
Eibar	20030	Ondarroa	48073	Corbera	46098	Torrent	46244
Elorrio	48032	Zalla	48096	Liria	46147	Valencia	46250
Guernika	48046			Massamagrell	46164	Villanueva de Castellón	46257

Área metropolitana de Madrid				Área metropolitana de Zaragoza			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE	Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Alcalá de Henares	28005	Illescas	45081	Almunia de Doña Godín	50025	Luceni	50147
Añover de Tajo	45014	Lominchar	45085	Belchite	50045	Zaragoza	50297
Aranjuez	28013	Madrid	28079	Epila	50099	Zuera	50298
Arganda del Rey	28014	San Lorenzo de El Es	28131	Fuentes de Ebro	50115	Tauste	50252
Guadalajara	19130						
Área metropolitana de Málaga							
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE				
Álora	29012	Marbella	29069				
Fuengirola	29054	Torremolinos	29901				
Málaga	29067						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Centros + CEC de las principales áreas metropolitanas españolas

Área metropolitana de Barcelona			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Barcelona	08019	Prat del Llobregat	08169
Badalona	08015	Sant Adrià del Besós	08194
Cornellà	08073	Sant Feliu	08211
Esplugues	08077	Sant Joan Despi	08217
Hospitalet	08101	Sant Just D'esvern	08221
Mongat	08126	Sta. Coloma de Graman	08245
Área metropolitana de Bilbao			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Barakaldo	48013	Leioa	48054
Basauri	48015	Portugalete	48078
Bilbao	48020	Santurtzi	48082
Extebarri	48030	Sestao	48084
Getxo	48044		
Área metropolitana de Madrid			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Alcobendas	28006	Leganés	28074
Alcorcón	28007	Madrid	28079
Coslada	28049	Móstoles	28092

Fuente: Elaboración propia

Área metropolitana de Málaga	
Municipio	Código INE
Málaga	29067
Área metropolitana de Sevilla	
Municipio	Código INE
Sevilla	41091
Área metropolitana de Valencia	
Municipio	Código INE
Alboraya	46013
Burjassot	46078
Mislata	46169
Valencia	46250
Área metropolitana de Zaragoza	
Municipio	Código INE
Zaragoza	50297

Tabla 3. Subcentros integrados (maduros) de las principales áreas metropolitanas españolas según Marmolejo y Tornés (2015b)

Área metropolitana de Barcelona			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Arboç	43016	Pineda de Mar	08163
Arenys de Mar	08006	Rubi	08184
Blanes	17023	Sabadell	08187
Garriga	08088	Sant Boi de Llobregat	08200
Granollers	08096	Sant Celoni	08202
Hostalric	17083	Sant Sadurní d'Anoia	08240
Malgrat de Mar	08110	Terrassa	08279
Mataró	08121	Vilanova i la Geltrú	08307
Mollet del Vallès	08124		
Área metropolitana de Bilbao			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Bermeo	48017	Llodio	01036
Durango	48027	Markina-Xemein	48060
Elorrio	48032	Mungia	48069
Gernika-Lumo	48046	Ondarroa	48073
Igorre	48094	Zalla	48096
Lekeitio	48057		
Área metropolitana de Madrid			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Alcalá de Henares	28005	Arganda del Rey	28014
Aranjuez	28013	Guadalajara	19130
Área metropolitana de Málaga			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Álora	29012	Marbella	29069
Fuengirola	29054	Torremolinos	29901
Área metropolitana de Sevilla			
Municipio	Código INE		
Gerena	41045		
Área metropolitana de Valencia			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Almussafes	46035	Quart de Poblet	46102
Alzira	46017	Sagunto/Sagunt	46220
Buñol	46077	Silla	46230
Carlet	46085	Sueca	46235
Liria	46147	Torrent	46244
Massamagrell	46164	Villanueva de Castellón	46257
Picassent	46194		
Área metropolitana de Zaragoza			
Municipio	Código INE		
Zuera	50298		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Subcentros descentralizados (emergentes) de las principales áreas metropolitanas españolas según Marmolejo y Tornés (2015b)

Área metropolitana de Barcelona			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Cardedeu	08046	Sant Andreu de la Barca	08196
Martorell	08114	Vendrell	43163
Palau-solità i Plegamans	08156	Vilafranca del Penedès	08305
Área metropolitana de Bilbao			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Castro-Urdiales	39020	Eibar	20030
Deba	20029		
Área metropolitana de Madrid			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Añover de Tajo	45014	Lominchar	45085
Illescas	45081	San Lorenzo de El Escorial	28131
Área metropolitana de Sevilla			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Aznalcóllar	41013	Mairena del Alcor	41058
Brenes	41018	Sanlúcar la Mayor	41087
Carmona	41024	Utrera	41095
Área metropolitana de Valencia			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Alberic	46011	Corbera	46098
Chiva	46111	Pobla Llarga	46203
Área metropolitana de Zaragoza			
Municipio	Código INE	Municipio	Código INE
Almunia de Doña Godina	50025	Fuentes de Ebro	50115
Belchite	50045	Luceni	50147
Épila	50099	Tauste	50252

Nota: El área metropolitana de Málaga no tiene subcentros emergentes identificados

Fuente: Elaboración propia

Anexo II

Publicaciones

Artículos

1. Marmolejo, C. y Tornés, M. Does polycentrism reduce land consumption? An analysis of the largest metropolitan systems in Spain. Revista: Review of Urban y Regional Development Studies (RURDS). (*En segunda evaluación*)
2. Marmolejo, C. y Tornés, M. (2016) The influence of urban structure on *commuting*: an analysis for the main metropolitan systems in Spain. Revista: Procedia Engineering (accepted)
3. Marmolejo, C., Ruiz, N., Tornés, M. (2015a) ¿Cuán policéntricas son nuestras ciudades? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. Revista: Ciudad y territorio, 186, p. 679-700.
4. Marmolejo, C. y Tornés, M. (2015b) ¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. Revista: Scripta Nova, 500, p. 1-30.
5. Marmolejo, C; Ruíz, N. y Tornés, M. (2013) Is the polycentrism a desirable feature in the construction of sustainable residential environments? Revisiting its conceptualization from the travel-to-work perspective: an analysis for the biggest metropolitan areas in Spain. Libro: Tomorrow's house and estate. Part One. *Housing Environment - Srodowisko Mieszkaniowe*. Cracow University of Technology. p. 99-108.
6. Tornés, M. y Marmolejo, C. (2012) ¿Reduce el policentrismo el consumo de suelo urbanizado? Una primera aproximación para las siete áreas metropolitanas españolas. Revista: ACE: architecture, city and environment = arquitectura, ciudad y entorno, 18, p. 191-212.

Capítulos de Libro

7. Marmolejo, C.; Cerda, J. y Tornés, M. (2016) El estudio de la estructura urbana desde el punto de vista de la movilidad de la población en el territorio. En el libro: *Imaginarios de la movilidad*. Ed. Benito Narváez Tijerina. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. (*en imprenta*)

Does polycentrism reduce land consumption? An analysis of the largest metropolitan systems in Spain

Abstract

We study the impact of employment nuclei on land consumption in the main Spanish metropolitan areas. This study is different to previous ones since it introduces the impact on the urban form produced by other factors beyond the proximity to centres. The results suggest that after controlling for the proximity to the CBD, environmental amenities, and other attributes that theoretically impact on urban density, the proximity to sub centres fails to have a significant impact on land consumption per capita beyond the subcentre itself. These results call into question the hypothetical environmental advantages that policy makers have seen on the promotion of polycentric development and the necessity to stress the control on other variables affecting planning conditions.

Keywords

Urban structure, polynucleation, urban sprawl

1. Introduction

The spatial organisation of employment and population is an important topic in contemporary cities, chiefly in the context of sprawled urban growth. From a social perspective separating residential uses and employment results into detrimental consequences for social groups of limited mobility; from an economical point of view distancing companies means losing the opportunity to take advantage of agglomeration economies and from an environmental point of view scattering different uses results in environmentally costly transport systems and excessive land consumption. In Spain this latter issue has become particularly important during the last decades, a period in which the speculation in the real estate sector has produced several times the actual demand for housing, most of the times following a low density pattern.

On the other hand, in Europe policy makers have seen polycentrism as an alternative model to that of dispersion, allegedly leading to sustainability, cohesion and competitiveness (Meijers, 2008), while the empirical contrast of such advantages is still obscure and in some cases is

contradictory (Boix & Trullén, 2012). In such a way, it has been said that polycentric development is essentially normative rather than analytical (Green, 2007). The main goal of this paper is to explore to what extent subcentres do influence neighbouring densities, reducing in this way the land artificialized by urban activities, and thus shed light on the environmental sustainability of polycentricism. This aim is built on Muñiz *et al.*'s statement "The importance of polycentrism lies not only in the possibility of concentrating jobs in a limited number of areas under conditions of high density, but also in its capacity to structure and hierarchize urban growth as compared with a dispersed model, amorphous and destructured, without anchorages" (2008; pp. 628).

While the conceptualization of polycentrism remains highly fuzzy two discernible aspects may be observed: 1) the scale of analysis and 2) the conceptualization of subcentres and their influence on their surroundings. In the first, the scales may vary from continental to intrametropolitan passing through a regional scale in between (Kloosterman & Musterd, 2001). In the second, subcentres may be analysed in a functional or morphological manner. This paper is focused on the intrametropolitan scale and, although not directly, following a morphological approximation.

Theoretical research on subcentre formation has underlined the role that external economies (e.g. agglomeration) play as well as wages and transport costs (e.g. Hartwick & Hartwick, 1974; White, 1976; Odland, 1978; Fujita and Ogawa, 1982; Kim, 1983; Sasaki, 1990; Wieand, 1987; Hesley & Sullivan, 1991; Sasaki & Mun, 1996; Brasington, 2001). Meanwhile empirical studies have concentrated on formal techniques of subcentre detection (e.g. McDonald, 1987; McDonald & McMillen, 1990; Giuliano & Small, 1991, 1993; McDonald & Prather, 1994; Craig & Ng, 2001; Muñiz *et al.*, 2003; Readfern, 2007). Also have been focused in studying the influence of subcentres on accessibility to employment and consequently on mobility, land rent, employment and population density; (e.g. Gordon *et al.*, 1986; Heikkila, 1988; Giuliano & Small, 1991; McDonald & Prather, 1994; Small & Song, 1994; Muñiz *et al.*, 2003, 2008; Ottensmann, *et al.*, 2008; Giuliano *et al.*, 2012). With some exceptions (e.g. McMillen, 2003; Beaumont, 2004) most of these studies have been carried out in large or very large cities (e.g. Chicago, Los Angeles, New York, Paris, Barcelona), therefore it is interesting to investigate whether, in the same national context, polycentricity and its effects are valid in different sizes metropolitan areas. This paper makes three different contributions:

- 1) First centre detection is not made by means of employment density analysis as it has been granted in the literature, but through the analysis of travel-to-work flows. Such an approach allows for: a) eliminating eventual endogeneity problems; and b) detecting not only the subcentres that effectively attract commuters but also the surrounding territories structured by them, and in this way the adscription of zones is not made to the nearest subcentre, but to the functionally linked one.
- 2) Secondly, other factors beyond accessibility affecting land rent are taken into consideration in the analysis of urban densities (i.e. inverse of land consumption per capita), which helps to shed light on whether proximity to centres is the key factor governing density trends.

- 3) Thirdly, different in nature, structure and size, metropolitan areas are analysed in the context of Mediterranean metropolises where polycentrism, as well as in other European cities, relies highly upon the integration of formerly independent cities instead of the creation of new subcentres through decentralization from the CBD (Champion, 2001; Muñiz, *et al.*, 2003; Bontje & Burdack, 2005).

The paper firstly presents the theory of density formation as well as the empirical evidence of subcentre influence on such processes; such a review helps to place the impact of other factors on land rent and thus on density in context. The following section discusses the data sources and the approach to delimit metropolitan systems and to identify subcentres in the more general framework of subcentre identification literature. The next section assesses whether proximity to a subcentre is a significant determinant of both employment and resident density, exploring to what degree there is a stationary effect. The paper ends discussing the findings and putting policies orientated to give structure and form to urban systems in context.

2. Why employment subcentres should influence the land consumption per capita of neighbouring zones?

It seems evident that a metropolis that grows through the creation of subcentres is more compact than one that develops by expelling firms and households to a rapidly expanding suburbia. *Nonetheless, compacity in a polycentric structure not only originates from the subcentres itself, but mainly from the influence exerted over the neighbouring sites.*

The Bid Rent Theory (BRT) as shaped by Alonso (1964), Mills (1969) and Muth (1969) with roots in the pioneering work of Laundhardt and mainly Thünen and is the theoretical framework behind the formation of density in cities. This model, originally conceived for a monocentric system, holds that in achieving locational equilibrium households bid for land according to costs kept in commuting. Therefore the closer the site of residence to the central business district (where all employment is assumed to be situated), the higher the rent transferred to land (which capitalises into higher values), resulting in a land rent gradient. It is the existence of such gradient that lie beneath the formation of urban density in a competitive land market. Considering that housing developers invest capital in building and land when developing a plot and constant returns per unit of land are relaxed (i.e. once substitution between building costs and land is unconstrained), real estate developers economise on the use of land in central sites where land rents peak. In optimising development schemes such investors add more building capital per unit of capital invested on land, i.e. they build multi-storey structures instead of low rise ones, resulting in a density gradient following that of land rent. The parallelism between density gradients and land values and depends upon the elasticity of substitution between land and capital (Kau & Lee, 1976).

Mills and Hamilton (1984) demonstrated, starting from the monocentric urban model, that under certain conditions, such as: 1) Cobb-Douglas's production function for dwellings, 2) users with identical tastes and income, and 3) unitary price elasticity of demand for housing, density gradients adopt a negative exponential function. In accordance with McDonald's excellent review (1987) it was Stewart (1947) who apparently first empirically used the negative exponential form to test whether population densities decrease with the distance to the CBD. Even though McDonald holds that it was Clark (1951) who popularised amongst scholars such a function. In the case of employment density, the negative exponential form was derived by Mills (1969) by assuming that the production functions for product and transportation also have a Cobb-Douglas function, and that the demand for product has a price elasticity that is constant. In such a case density decreases the further away from the CBD because the access to the agglomeration economies generated there is restricted by distance.

If the monocentric model is restructured by considering the existence of diseconomies of agglomeration (e.g. congestion) which promotes decentralisation of firms, it is possible to reach a polycentric city, where employment still cluster in a poly-concentrated fashion due the permanence of agglomeration economies (White, 1999).

One of the primary deductions of the monocentric urban model is that the relationship between accessibility and urban density and is a reflection of a more basic relationship between accessibility and land rent. In a polycentric scheme the natural extension of a monocentric model is to assume that companies and households value access to all employment clusters and not only to the main centre. Thus, population and employment density should not decrease smoothly further from the CBD, but rather it should tend to increase nearer subcentres. Subsequently, the existence of alternative centres should reduce the land consumed per capita in the neighbouring sites.

2.1 Empirical evidence on the effect of subcentre proximity on urban densities

While the ground-breaking empirical work of Griffith (1981) did not find significant effects on population density produced by secondary employment centres in Toronto, it laid the path for other researchers to follow. Such an approach broadly consists of analysing whether the influence of subcentres is significant in a negative exponential polycentric density model. In Los Angeles, Gordon *et al.* (1986) found that the polycentric model surpassed that monocentric in explaining both population and employment, albeit that only 6 of 57 candidate subcentres were found to govern surrounding densities. Although their study did not relate to employment centres (as suggested in BRT) but rather to residential, received initial criticism (Small & Song, 1994) only recently some scholars have recognised that population subcentre may also exert an organising influence over the neighbouring density due to the existence of local amenities, such as consumption services, cultural or environmental (García-López, 2010). Table 1 portrays some posterior results of polycentric models. Most of them have found that proximity to employment subcentres do produce an increase of employment densities after dealing with some difficulties. Heikkila (1988) points that one of these issues is the presence of space-related multicollinearity produced by the introduction of as many distances as there are

subcentres. To elude such a problem some works estimate models using only the observations in the area surrounding that centrality (e.g. McDonald & Prather, 1994; Muñiz, *et al.* 2008); although most of the studies ascribe zones to the closest subcentre. In sum, both approaches relegate the fact that subcentre may have an overlapping influence in interstitial areas. Likewise assuming that residents commute to the nearest subcentre may be risky because it is implausible to assume that all of household's occupied individuals commute to the same subcentre (Champion, 2001). Additionally, having only one covariate with the distance to the nearest subcentre makes it impossible to evaluate the different effects exerted by differences in the activity mix and size of subcentres. Some scholars (McDonald & Prather, 1994; Small & Song, 1994; McMillen, 2003) create as many variables as there are subcentres and take the inverse of distance to subcentre to minimize multicollinearity assuming that subcentres produce a local influence in relation to the overall influence emanating from the CBD. McDonald & Prather (*op. cit.*) following such an approach suggested that proximity to O'Hare Airport in Chicago was the second most determinant of employment density in Chicago after its traditional centre. Using the identical procedure Small & Song proved that Los Angeles' main centrality is still placed in its downtown and not around the airport as it had previously been suggested by Gordon *et al.* (1989).

The relationship between proximity to subcentres and resident density is far from being categorical. Some works have concluded that proximity to subcentres is not statistically significant, and conversely produce the unexpected effect (i.e. density decreases closer to subcentres). While, such findings are not completely inconsistent: if accessibility does account less than negative effects produced by the congested, manufacture-unpleasant or decadent-unsafe centres it is feasible to find attractive dense locations for residence further away. Such findings enquiry whether BRT has become out fashioned, or whether such apparent contradictions are due specific urban processes in the cases studied. In trying to understand such outcomes, some explanations have been provided: in Chicago, McMillen & Lester (2003) found that employment growth was clustered around pre-existing subcentres outbidding dwellings to more distant locations. McDonald & McMillen (2000) found also for Chicago that new and large residential expansions were located far away from subcentres due the existence of available land in outlying sites and because subcentres are attractive to commercial schemes making land unavailable for residence. On the other hand, having the subcentres to close to the CBD implies that an increase of the distance from them increases the proximity to CBD and thus a density increment due the overall effect of this latter, as it has been noted in Dijon, France by Baumont *et al.* (2004).

Likewise having subcentres on the very edge of the metropolis means that they do not exercise any influence on the still non-urbanised fringe. McMillen (2003) has argued that the reversed sign for distance to subcentres may originate from the use of gross density (all the artificialized land) rather than from net density (considering only residential land) which implies that gross residential density is low in centres with most of their land intended for jobs.

Table 1 Selected polycentric empirical studies in literature

Author(s)	Publication year	City(ies)	Density analyzed	Econometric approach	Subcentre adscription	Distance to subcentre	Sign of dist to subcentre	Other control variables	Subcentre identification	Analysis unit
J. McDonald & P. Prather	1994	Chicago	Employment	OLS	all of them	Level inverse	some reversed Ok & sig.	Dist.to CBD	Significant residuals on parametric regression	square mile (259 has)
K. Small & S. Song	1994	Los Angeles	Employment Population	Nor linear LS	all of them***	Level	Ok most of them sig. for population and less for employment	none	Cut-offs	Transportation analysis zones (492 has**)
D. McMillen & J. McDonald	1997	Chicago	Employment (5 sectors)	OLS & Non parametric (Locally weighted regression)	nearest	Inverse	Ok & sig.	Dist. to CBD inv. dist. to nearest commuter rail station Inv. dist. to highways interchanges % railroad rights	Cut-offs	Section (259 has)
D. McMillen & J. McDonald	1998	Chicago	Employment	OLS & Max-likelihood	nearest Separated to each subcentre	Inverse Inverse	Ok & sig. Ok & sig. In all but 3 cases	Dist.to CBD (cubic) Dist. to O'Hare Airport Dist. to nearest commuter rail station Dist. to highways interchanges % railroad rights % water cover % parks & open space	Cut-offs	quarter-section (64 has)
D. McMillen	2001	Chicago Dallas Houston Los Angeles New Orleans San Francisco	Employment	Semiparametric	all of them +	Level Inverse	Ok & sig. 129 from 213 subcentres from 6 metro areas are found significant	Dist to CBD (spline)	Sig. LWR density residuals	Transport Analysis Zone (from 108 to 1450) Chicago-New Orleans respectively
D. McMillen	2003	Chicago	Employment Population	OLS	nearest	inverse	Ok & sig. Reversed & sig.*	Dist. to CBD Dist. to O'Hare Airport Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile commuter rail station) Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile EL rail station) Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile electric line station) Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile Lake Michigan)		quarter-section (64 has)
C. Beaumont; C. Ertur J. Le Gallo	2004	Dijon	Population	OLS Spatial error Bayesian	nearest	inverse	Reversed & Significant	Dist.to CBD	Local Indicators of Spatial Associations	IRIS unit (84 and 254 has) Residence & employment respectively
D. McMillen & W. Lester	2003	Chicago	Employment Population	OLS & semiparametric	nearest nearest	inverse inverse	Ok & sig. Reversed & sig.*	Dist. to CBD Dist. to O'Hare Airport Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile highway interchange) Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile commuter rail station) Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile EL rail station) Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile electric line station) Dummy (0-1/3; 1/3-1 mile Lake Michigan) Dummy for Chicago River or Canal Dummy for freight rail line	Cut-offs	quarter-section (64 has)
I. Muñiz, A. Galindo & M.A. García-López	2003	Barcelona	Population	Cubic splines	Not explicitly adscribed		Ok & sig.	Non but the sample is split by metropolitan axes along main radial infrastructures	Local knowledge	Census track (89 has avg)
I. Muñiz; M.A. García-Lóp & A. G indo	2008	Barcelona	Employment	OLS	nearest	inverse	Ok & sig	Dist. to CBD Distance to road infrastructure	Cut-offs	Municipality
M.A. García-López & I. Muñiz	2010	Barcelona	Employment	OLS	nearest	inverse	Ok&sig	Distance to freeways & highways	Cut-offs	Municipality
M.A. García-López	2010	Barcelona	Population	OLS	nearest population centre	inverse	Ok & sig.	Distance to freeways & highways	McMillen (2003) (Significative LWR density residuals + total job critical mass)	Census track (89 has avg)

* Population density increases as the distance to the nearest employment subcentre increase, since the subcentre's neighbouring zones are occupied by employment

** Own stimation departing from the paper's data

***But in case that 2 subcentres are closer than five miles, the smaller is omitted

• He uses a gravity variable representing proximity to subcentres as well as a reverse stepwise method to select significant subcentres

LWR= Locally Weighted Regression

For that reason, authors such as Muñiz *et al.* (2003) have introduced the use of splines to locally adapt the curve of population density to such a central hollow. McMillen (2003), McMillen & Lester (2003) have suggested that some nuclei may be not yet large enough to influence the population density spatial trend. Therefore, such authors have suggested that

polycentrism is basically an employment phenomenon. Such a conclusion is clearly contradictory to that delivered by Small & Song (1994) who settled for Los Angeles that employment subcentres modestly influence employment density, but by contrast, population density is strongly governed by them. Other family of issues found in the empirical literature is the fact that urban density rarely follows the exponential negative form granted by theory, nor is it a smooth fashion as distance to CBD and other centralities increase, as it will be discussed afterward.

Also it is important to note that polycentric models have rarely been tested in small metropolitan areas. Exceptions are Beaumont *et al.* (2004) in their study for Dijon in France (250,000 inhabitants), McMillen (2003) and McMillen and Smith (2003) in their study for 62 large areas in the United States of which only 9 had less than half a million inhabitants. Neither Beaumont's nor McMillen & Smith's studies found subcentres or non-significant subcentres in explaining urban density. As a matter of fact following Fujita & Ogawa's theoretical model (1982), these authors found that the number of subcentres relies on population size and commuting costs, so small areas not congested do not tend to produce alternative centres. Whether polycentricity is a model reserved for big cities may imply several repercussions for policy making. Lastly, most of the previous studies neglect the fact that urban form relies not only on the proximity to centres, but on many other factors with an incidence on land rent such as: environmental externalities (Rahma & Sumarminingsih, 2015); the social differentiation of space; physical constraints (such as orographic complexity) and urban policy (such as *laissez faire* regarding urban sprawl developments). We will come on such an issue in the next section.

3. Source of information, studied cities & methods

The method used regress urban densities over distances to centralities; this method allows for control other factors governing land rent. Journey-to-work data coming from the 2001 National Census was used to identify: a) metropolitan boundaries, b) subcentres, c) their hinterland; and d) employment, such data is only available at municipal level at destination¹.

Urbanised land stems from the category of artificialized land from the 2000 Corine Land Cover project (Coordination of Information on the Environment), led by the European Environment Agency. Corine uses satellite imagery from LandSat and SPOT to remote sense the use of land across the EU.

In the preceding studies, distance between zones is compute as an air-line departing from coordinates of the centre of them. Despite the fact that some researches argue that such

¹ This later issue is only lessened by the fact that in Spain (particularly in Catalonia) municipalities are fairly small¹. On the other hand, population is available at the level of census track; though since the aim of this paper is to test the influence of subcentres on urban density, the municipal area is used as the common unit of analysis.

approximation is valid due to the high correlation between such distances and travel time, it is doubtful that such a hypothesis could hold in metropolitan systems such as Bilbao or Barcelona where natural areas, water bodies and hills are present within their built-up zones. This study is different since an effective road distance is used (considering all the road system) obtained by an optimisation path process in TransCAD GIS. Also the existence of suburban passenger railway stations has been accounted for.

Above discussed Table 1 shows that most of the studies strictly take into consideration factors related to accessibility and thus imbedded in BRT. Besides distance to CBD and subcentres, other accessibility variables considered are: the proximity to railway stations (McMillen's studies) the proximity to highway interchanges (e.g. McMillen & McDonald's studies), and to roads in general (e.g. Muñiz and García-López). Due it is considered that proximity to such infrastructures is attractive for both firms and residents' proximity to railroad freight lines has been seen as attractive for industrial employment.

Nonetheless, in taking only accessibility variables into regression, these studies neglects that land rent –thus urban density- may be governed by at least 2 other conceptual dimensions: residential segregation and externalities emanating from environment. In a competitive market where land use is allocated to maximize utilities (and profits), such variables, may have a higher influence on land rent compared to that deriving from accessibility. Exceptions for that trend are: 1) the study of McMillen and Lester (2003), in which proximity to Lake Michigan is controlled since it is a major amenity of the Chicago area, as well as the fact that a zone is served by the Chicago River and Canal due those areas are unattractive for housing and attractive for manufacturing premises; and 2) the work by McMillen & McDonald (1998) where it is controlled the percentage of parks, open space and water cover. García-López (2010) details other localised factors beyond accessibility affecting population density: 1) consumption services, 2) cultural and historical amenities, and c) those related to environment. Kau *et al.* (1983) have stressed that other variables should be taken into account such as dwelling typologies, school districts, and race. *Not taking into consideration such variables may overvalue the influence of proximity to centres and understate the importance of other locative factors.* In this research besides accessibility other indicators, affiliated to the following conceptual dimensions, are used:

1. Natural & artificial environment: the orographic slope & complexity², it is expected that the lower the complexity, the higher the density, since high density construction is expensive in rough terrains, due to the difficulties and costs to install high-capacity

2 Complexity has been calculated following the Shannon entropy formula:

$$H_i = -1 * \sum_{x=1}^n P_{x_i} * \ln(P_{x_i})$$

Where P is the probability to find a piece of land in an x slope-range category in an i municipality. x categories accounts for the municipal surface contained in slope-ranges going from 0%-4%, 5-9%, 10-15% and so on. The larger H , the higher the diversity of slopes and thus the higher the orographic complexity. The average slope is computed in a similar fashion.

utilities. The fragmentation of urban land index³ is used as a proxy of the *laissez faire* policies driving the urbanisation of suburbia, which is associated with low density and scatteration.

2. Environmental externalities: the proximity to the coast, the conservation status of dwellings and the mixture of industrial sectors in the zone⁴. This later indicator has 2 aims: on the one hand to control for the existence of externalities coming from manufacturing/service sites (making zones attractive/ for residence), yet to control the fact that manufacturing activities are intrinsically low-density activities in relation to office based firms. Also, it is expected to find high population/employment density alongside the sea shore, because of the historical urbanization pattern, and the new developments targeted at leisure and touristic activities.
3. Residential segregation: the share of the working population in different occupational categories as a proxy for education level and income⁵. It is expected that the higher the income, the higher the land consumption because of the preference and affordability for detached houses.

All the aforesaid indicators are computed using data from the 2001 National Census at the municipal level, except that derived from orographic complexity and the average slope that has been calculated in a GIS departing from the DTM acquired from the US Geological Survey.

3.1 Cities studied, delimitation process and subcentre identification

The metro areas included as case studies are Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Seville, Saragossa and Malaga, which are the largest cities in Spain. The previous process to the identification of the subcentres is the metropolitan delimitation itself. While most of the studies in literature do not place attention on this issue⁶, it becomes pertinent when considering outer centralities, since it is required to include its surroundings in order to assess whether it is influenced by them. For that reason it is supported that metropolitan delimitation should follow a method based on functional linkages. In Spain there is nothing similar to neither the UK Standard Metropolitan Labour Market Areas nor the USA Metropolitan Statistical Areas (MSAs), but the existing delimitations are based on official criteria (e.g.

³ The fragmentation has been computed using the aforementioned Shannon entropy formula. In this case P is the probability to find urbanized land in a given x urban fragment in an x municipality. In an x municipality there are as many urban fragments as urban patches. If two patches are separated by a gap inferior to 200m it is considered that they form part of the same patch. This latter criteria allows for the interruptions caused by rivers and other lineal infrastructures (e.g. high voltage electric lines) to be considered.

⁴ Departing from the percentage of localized jobs in different sectors of the national industrial classification, at 1 digit, a principal component analysis has been performed.

⁵ In Spain the census does not provide information about income, and other surveys are not representative at the municipality level.

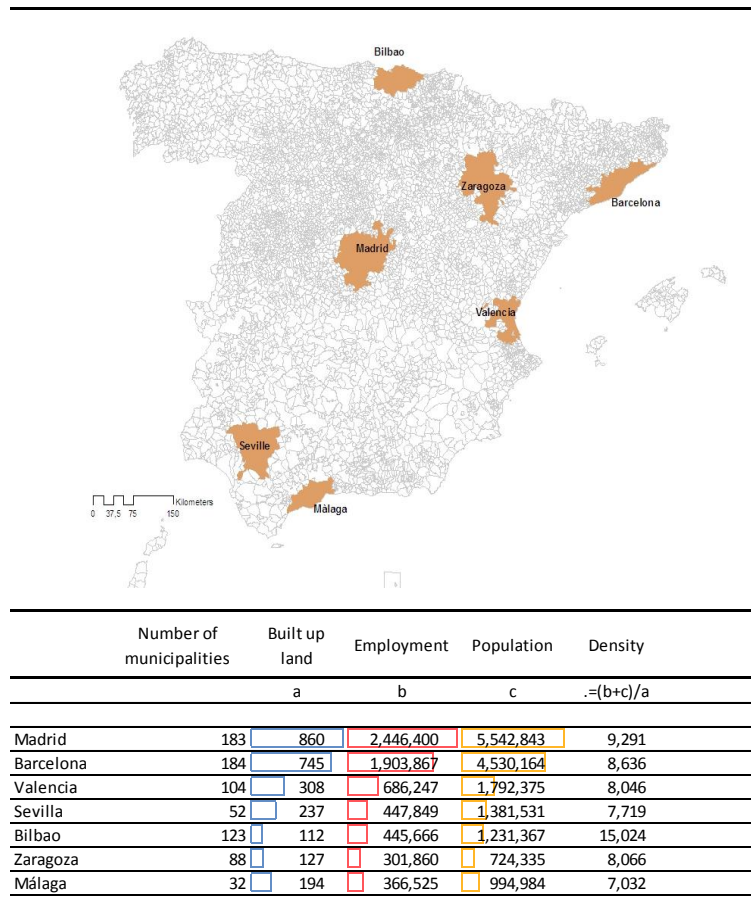
⁶For example in McMillen, 2001, the study area is defined as sites lying within 50 miles from the CBD in Chicago, Dallas, Houston, Los Angeles, New Orleans and San Francisco. By contrast the Muñiz *et al.* studies take the regional planning administrative ambit of Barcelona instead of its FUR (cf.U25).

General Division of Urbanism) or morphological criteria (e.g. NUREC, Serra *et al.*, 2002). For that reason it is used the recently suggested approach of Roca *et al.* (2009) based on interaction value computed from journey-to-work travels. Such a bottom->top procedure first identify the area structured by the subcentres (such hinterlands are called subsystems) and detects, simultaneously, the subcentres themselves (i.e. municipalities having the highest functional linkage with the remaining of the municipalities contained in their hinterland), and finally identifies metropolitan areas by assembling different subsystems according to their functional relations. Such a method satisfies three problems present in other methodologies such as that used in the MSAs, namely: a) it does not require an aprioristic centre identification, b) it considers bidirectional flows, and c) it avoids an *ad-hoc* threshold to put in relation 2 zones connected by commuting flows. In addition, there are more methodological advantages:

- 1) Subcentres identification is not based on employment density as it is granted in all the studies reviewed in Table 1, avoiding in this way the probable bias for endogeneity (i.e. to explain the influence of subcentres on urban density by having previously identified subcentres as prominent dense sites⁷).
- 2) Municipalities are affiliated to subcentres by actual commuting flows. This avoids the adscription by simple proximity that seems inefficient when the urbanisation is intricate in mountainous territories as in the case of Bilbao, Barcelona, and to a lesser extent in Valencia, where for a given municipality the nearest (in straight line) subcentre may lie behind a mountain.

In Table 2 is depicted the result of metropolitan delimitation: Madrid and Barcelona stand out as the largest urban systems with 5.5 and 4.5 million inhabitants, followed by the medium size metropolises of Valencia, Seville and Bilbao, and finally with fewer than 1M inhabitants are Malaga and Saragossa.

⁷ For that reason, some of the reviewed studies omit, in the context of the calibration of the polycentric models where the dependent variable is density and the independent ones are proximity to centres, the zones relating to the CBD and subcentres (e.g. McMillen, 2001 or Small & Song, 1994).

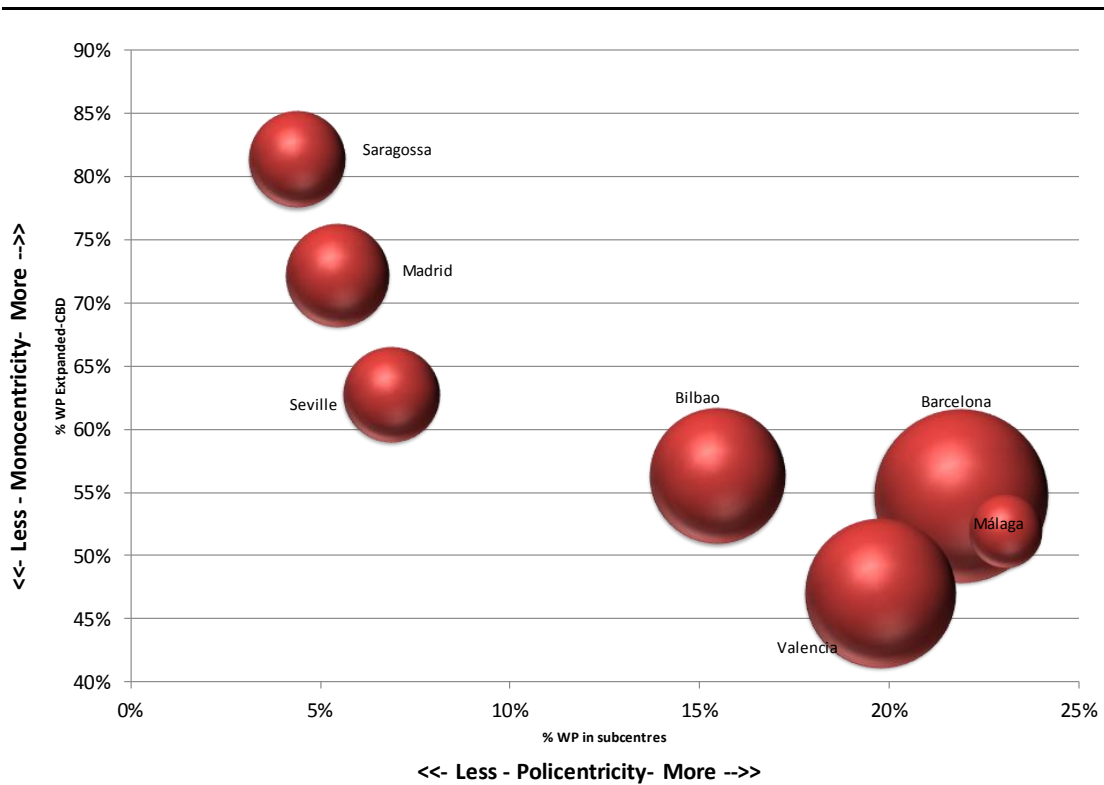
Figure 1 Spatial extent and main figures of largest urban systems studied

Source: Corine Land Cover & National Census 2001 (ICN, INE)

Figure 3 portrays the divergent structure of studied urban systems: Barcelona, Valencia and Bilbao stand out as the cities with the highest number of subcentres that conjointly concentrate a significant share of employment (fluctuating from 20% in Valencia to 33% in Barcelona). At the same time such metropolitan areas concentrate the lowest share of employment in their expanded-CBD⁸ (ranging from 47% in Valencia to 56% in Bilbao). Madrid, Seville and Saragossa are in the antipodes, which stand out as the most monocentric and least polycentric cities in Spain. Malaga is an outlier, since its expanded-CBD is not as big as in the case of monocentric metropolises and at the same time its only 4 subcentres have an important share of employment (23%).

⁸ We compute the extended-CBD as the area including those municipalities that: 1) form part of the urban continuum of the main municipality –i.e. the separation between the urbanised areas is less than 200 m- and 2) lie inside the functional subsystem of the CBD as detailed above in the main text.

Figure 2 Structure of the studied cities



	Employment ('000)	% employment in the expanded-CBD	Number of subcentres	Employment in subcentres (%)	Population in subcentres (%)	Entropy in the employment distribution in all centres	Average number of steeps to integrate all municipalities into the expanded-CBD
Madrid	2,446	72%	8	5%	6%	0.21	1.66
Barcelona	1,904	55%	23	22%	22%	0.83	2.24
Valencia	689	47%	17	20%	19%	0.77	2.07
Seville	448	63%	7	7%	9%	0.25	1.44
Bilbao	438	56%	14	15%	15%	0.50	1.92
Saragossa	302	81%	7	4%	4%	0.14	1.80
Málaga	367	52%	4	23%	16%	0.50	1.66

The size of sphere is significant of the number of subcentres
Source: own elaboration

In order to give a general picture of the polycentricity level taking in consideration the aforementioned indicators, it is necessary to merge them into a synthetic one. It is use the Shannon (H) information-entropy computed over the distribution of employment in centralities (including all centres). If H is maximised it would mean that we are facing a perfectly polycentric system having all employment equally located in *all* centralities. If H equals zero, it would mean that we are facing a perfectly monocentric city having all jobs clustered in *the* centre. As illustrated in Figure 3, Barcelona is the most polycentric city; followed by Valencia, Bilbao and Malaga; conversely, the most monocentric systems in descending order are Saragossa, Madrid and Seville. Remarkably, Madrid and Barcelona, despite being very similar in urbanised land, number of municipalities and population, have clearly an opposing urban structure. Such a divergence may be produced by the differences in

topography (Madrid is located on a plain plateau and Barcelona among mountains), but also for historic and urban planning policy divergent paths. Lastly, the method used to detect metropolitan boundaries/subcentres also allows for analysing the complexity of cities. In the interaction process used, a given municipality is first ascribed to a subsystem; subsequently such subsystem is joined to other subsystems, until all of them gravitate into the subsystem in which the CBD is contained. In such “journey” there are quite simple topologic models (e.g. all the subsystems gravitate directly with the central subsystem) and other more complexes (e.g. some subsystems catch others before falling into the gravity field of the central subsystem) generating a branched structure. The last row of Figure 3 depicts the average number of steps that municipalities go through before being ascribed to the central subsystem. The higher this indicator, the more complex the structure, as portrayed there is a high correlation between such a complexity indicator and the entropy level measuring polycentricity ($r=0.80$). Barcelona is another time the most complex metropolis and Seville the simplest. The results suggest that in Spain polycentrism is also present in the smallest urban systems (e.g. Malaga or Saragossa), such finding is not contradictory with Fujita & Ogawa’s (1982) statement, due medium cities may also suffer from congestion. Remarkably, there is a strong correlation ($r=0.90$) between the size of the cities measured according to the total employment and the level of polycentrism, as has been suggested in the literature.

5. Do metropolitan nuclei influence land consumption?

The previous analyses have portrayed an image of divergent urban structures; however, it is now time to analyse to what extent polycentric urban growth is a sustainable model in terms of land consumption.

The average land consumption -built up area/(employees +residents)-in CBDs is 52 sq. m. per capita, while in subcentres it is 143 sq. metres per capita (almost three times bigger) and finally in the remaining of zones it reaches 178 sq. metres per resident and localised job. While such findings are coherent, it is no clear whether subcentres impact on urban densities in their surroundings. Table 2 portrays the result of polycentric semi-log models in which the dependent variable is the natural log of the urban density (i.e. the inverse of land consumption per capita) and the independent variables are those associated to accessibility. In order to elude multicollinearity issues regarding to the subcentres lying near the CBD, the inverse of the distance to the functional subcentre is taken. In doing that, it is assumed that subcentres exercise a more localised influence on urban densities ahead of the overall governing influence of the CBD. One novelty in relation to preceding studies is the adscription of each municipality to the functional subcentre and not to the nearest one. Since the interest of the analysis resides in the influence of centralities on surrounding urban density both the CBD and the subcentres are excluded. Such a removal also corrects the bias that would introduce the inclusion of central municipalities with a larger area due their historic administrative roles (i.e. annexations).

The models using only accessibility indicators are able to explain urban densities in *only* five of the seven cities studied, even though that in the case of Bilbao and Saragossa such models

provide a poor explanation of the inverse of land consumption per capita. In Madrid, Valencia and Barcelona the urban density decays roughly at 3% for each km of the increasing distance to their centres. Nevertheless, in Bilbao and Saragossa the proximity to the CBD does not seem to govern overall urban densities. The inverse or null influence of CBD on land consumption is not rare: in some US cities McMillen (2001) found that the gradient of the distance to the centre was positive. Such a finding indicates, according to that author, that in these cities their CBD have lost the role as the main determinant of urban densities, being already another centre.

Regarding the effect of subcentres in surrounding densities, it is divergent, except in the largest cities, where is quite similar. Although Madrid denotes a larger coefficient than Barcelona, such divergence might come from the fact that Madrid has only eight subcentres and Barcelona twenty-four distributed in a very similar area, so it is possible that in Barcelona the influence of subcentres overlaps due the proximity between them. The effect of subcentres in spatial density trends in Saragossa (the capital city of Aragon) and Bilbao (the capital of the Basque Country) is larger than in the rest of the metropolises. Remarkably, in absence of the influence coming from CBD in these two cities, subcentres appear as clear structuring nodes of their urban form, although in general they poorly explain the overall urban density. Whether such metropolises have achieved a more subtle level of polycentrism rests on the result of these findings.

Table 2 Models for urban density using only distance to functional nuclei

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Seville			Valencia			Saragossa		
r2 adj	0.38			0.06			0.28									0.26			0.09		
F ANOVA	57.42			6.37			33.36									30.94			8.39		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
Constant	9.26		63.82	8.83		37.88	8.89		46.32							9.46		52.88	7.40		56.06
Dist CBD	-0.03	-0.60	-9.79				-0.03	-0.51	-7.86							-0.03	-0.52	-5.56			
Inv Dist Sub	3.68	0.22	3.63	4.90	0.27	2.52	3.82	0.16	2.40										6.11	0.31	2.90

Only variables significant at 95% of confidence are presented

As it has been discussed, the distance to centralities stands as an incomprehensive element to explain the spatial variation of densities for a number of reasons. For example low-density development is generally located on suburbia, but when cities grow and integrate subcentres⁹ such low density real estate schemes becomes located in central locations or in between centres. Such an overlapping process related to the typologies and arrangement of urban development may obscure the influence of the proximity to centres: for example it is well know that in the Malaga area low density dwellings stand out as the primary model of urban growth, independent of their position in relation to the centralities. In the cities analysed the correlation between the index measuring the presence of low density/fragmented developments and the distance to the CBD is $r=-0.01$, and $r=-0.051$ to the subcentres, but is

⁹In Spanish metropolises it is common, exactly in the instance that we study; almost 65% of the subcentres is weighed as integrated.

not statistically significant in either case. Such correlation proves its independence to centrality.

In addition, it becomes unclear in such large metropolises whether proximity to centralities is masking other variables, such as those regarding the topography. The greater pressures to develop land, the higher probability to develop less suitable areas placed at a distance from the CBD such as hills or mountains where high-rise development is both costly and difficult. In the cities studied, the correlation between orographic complexity and the distance to the CBD is positive $r=0.248$ ($\text{sig}<0.001$) and the correlation between the slope and the distance to the CBD and is positive $r=0.146$ ($\text{sig}<0.001$). Such a finding suggests that former urban structures (which eventually became in CBD) are located along hydric axis or in the centres of valleys. Thus moving away to such centres means also increasing the complexity and capital investment to develop dense schemes, and not only a reduction on land rent due the increase of travel cost to centres.

The results of the models that take into consideration all the control variables discussed in section 3, in addition to the distance to centralities, is depicted in Table 3.

Table 3 Models for urban density considering distance to functional nuclei and other control variables

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Seville			Valencia			Saragossa		
r ² adj	0.59			0.06			0.44			0.59			0.36			0.66			0.09		
F ANOVA	33.26			6.37			34.82			13.21			9.00			28.50			8.39		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
Constant	9.22		36.10	8.83		37.88	9.60		44.07	13.37		6.92	9.21		64.18	8.94		74.85	7.40		56.06
Dist CBD	-0.03	-0.46	-6.47				-0.03	-0.60	-8.74												
Inv Dist Sub	1.87	0.11	2.08	4.90	0.27	2.52													6.11	0.31	2.90
Suburban railway							0.47	0.20	3.14							0.32	0.18	2.30			
Orography complexity										-2.09	-0.29	-2.17	-0.34	-0.31	-2.47	-0.43	-0.37	-4.53			
Slope	-2.83	-0.19	-3.15																		
Coast	0.46	0.17	2.94																		
Fragmentation	-0.31	-0.17	-2.97				-0.62	-0.33	-5.39	-0.97	-0.72	-5.29	-0.53	-0.52	-4.16	-0.61	-0.40	-5.58			
Tertiary/non-manuf.	0.26	0.20	2.79													0.26	0.23	2.84			
Medhigh-high income																-0.28	-0.25	-3.32			
Medlow_low income	0.22	0.18	3.01				0.22	0.28	4.79	0.63	0.62	4.65	0.16	0.26	2.07	0.25	0.23	3.38			

Only variables significant at 95% of confidence are presented

Unlike the models of table 2, in all cities it is possible to explain metropolitan densities: in all of them, with the exception of Bilbao and Saragossa, the percentage of the variance explained increases. The signs of the other control variables are as expected when they are present in the models:

- The instrumental variable indicating the presence of intrametropolitan train stations has resulted in a positive sign, suggesting that zones served by them are more dense

- The dummy indicating that a municipality is on the coast is also positive, remarking the historical effect produced by sea accessibility in the past and the sea externalities in the new touristic-oriented developments
- The orographic slope and complexity indexes denotes a negative sign, suggesting that in intricate landscapes the density is reduced¹⁰
- The index of urban fabric fragmentation that proxies for urban plans driving sprawled and non-dense projects stands with the logical negative sign
- The factor synthesising the presence of service-industries/absence-of-manufacturing is positive, suggesting that in tertiary areas land consumption per capita is reduced due to the fact that such activities are land-intensive compared to extensive-manufacturing;
- And, the income factors are coherent with the hypothesis that wealthy households prefer larger houses in detached styles (reducing urban densities), and conversely less-wealthier can only afford small dwellings in apartment-like dense schemes.¹¹

Remarkably, the effect of the distance to subcentres in urban density falls in the two largest cities. In Barcelona the relevance of the distance to secondary centres diminishes in relation to the topographic indicators. In Madrid the distance to subcentres completely fades out in relation to other variables such as urban fragmentation, the income of population or the presence of suburban railway stations. It is important to note that in both urban systems the proximity to the CBD remains the main element governing urban densities according to standardised coefficients.

Both the permanence in Barcelona of the inverse of the distance to subcentres (which was not significant in the Madrid Model), as well as the slightly smaller beta coefficient for the proximity to the CBD in relation to Madrid (-0.46 for Barcelona and -0.60 for Madrid), support

¹⁰ It could be argued that the proximity to centralities reduces its importance when topography measures are considered, since distance does not include the fact that streets in hilly terrains are longer because they have to adapt the slope to the technical possibilities of vehicles. Nonetheless, in our distance measure such irregularities are already taken into consideration since TransCAD measures actual paths following streets. Although such precaution has been taken, in order to prove that topography *effectively* has an incidence on urban densities, an alternative set of models has been constructed taking into consideration the *time* to reach centres calculated in TransCAD, and consequently to include the fact that vehicles reduce their velocity in longer sloping streets. The result of such a set of models suggests that, as well as in models indicated in Table 3, the distance to subcentres reduces its importance, and it even tends to disappear in Barcelona and Madrid. *These results suggest that terrain topography adds new information to the explanation of urban densities.*

¹¹ It should be noted that the inclusion of middle high-high income variable is not incompatible with the introduction of middle low-low income variable since they are orthogonal, due to their being obtained by means of a principal component analysis.

the idea previously addressed that Barcelona displays a higher level of polycentrism. Not only Barcelona stands as a more polycentric city compared to the Spanish capital, but also its subcentres produce a higher influence over land consumption in their functional subsystems, and its CBD a lower influence. *In Barcelona, both the commuting spatial patterns (in which our methodology is based to identify subcentres) as well as urban form are more dependent of subcentres in contrast to Madrid, where its main centre still exerts an exceptional influence on such variables.* Only in Saragossa and Bilbao the distance to the subcentres retains its explicative power, since the remaining control variables fail to enter the models; albeit, as said previously, the overall explicative power is very poor.

Do the influence on land consumption depends on the nature of subcentres?

Muñiz *et al.* (2008) for Barcelona have pointed out that the influence of centralities on urban density might be different for decentralised subcentres (i.e. subcentres formed by decentralization from original CBD), and integrated (i.e. former independent centres joined by the extension of labour markets) since the former need time to exert influence on their hinterland densities. A hypothesis that seems quite reasonable. To prove to what extent such a distinction can shed light on the influence of subcentres; the 80 subcentres of the 7 cities studied have been classified in decentralised and integrated according the date of construction of existing buildings.¹² The results set out in Table 4 support the idea that the proximity to integrated (old) subcentres exerts a higher importance in Barcelona, Bilbao and Madrid in relation to previous models in which all the subsystems are included. Only in Saragossa the distance to secondary nuclei vanishes as an explicative factor of urban density when only subsystems structured by integrated subcentres are considered. Such an exception is due to the fact that in that city subcentres are a primary emergent phenomena. Such findings support the idea that time is an important element required in a self-organising urban process.

¹² This indicator, coming from the 2001 national census, has been taken into consideration in absence of other uniform information. Albeit, this is not a perfect indicator of how recent such nuclei are, since urban renewal produces a reduction in the percentage of old buildings. The classification process has consisted of extracting principal components departing from the relative frequency of age ranges, and running a k-media cluster analysis on principal components.

Table 4 Models for urban density considering only subsystems structured by integrated (old) nuclei

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Seville			Valencia			Saragossa		
r ² adj	0.637			0.06			0.47			0.59			0.52			0.68			0.11		
F ANOVA	30.85			6.10			26.42			13.21			9.28			34.35			5.01		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
Constant	8.95		31.90	8.81		35.80	9.20		33.69	13.37		6.92	9.26		36.82	8.94		71.66	7.66		89.72
Dist CBD	-0.02	-0.30	-3.61				-0.03	-0.56	-7.43												
Inv Dist Sub	2.10	0.13	2.10	5.01	0.28	2.47	5.33	0.16	2.51												
Suburban railway							0.56	0.23	3.30							0.50	0.27	3.76	1.10	0.37	2.24
Orography complexity										-2.09	-0.29	-2.17				-0.55	-0.46	-5.77			
Slope	-2.69	-0.16	-2.25										-6.31	-0.29	-2.11						
Coast																					
Fragmentation	-0.30	-0.15	-2.17				-0.57	-0.27	-4.08	-0.97	-0.72	-5.29	-0.48	-0.49	-3.53	-0.62	-0.39	-5.38			
Tertiary/non-manuf.	0.53	0.43	5.20										0.32	0.34	2.43						
Medhigh-high income																-0.24	-0.20	-2.69			
Medlow_low income	0.22	0.20	2.78				0.19	0.22	3.43	0.63	0.62	4.65	0.26	0.41	2.85	0.29	0.26	3.79			
Decentralized subcentres	34%			7%			16%			0%			27%			8%			59%		
Integrated subcentres	66%			93%			84%			100%			73%			92%			41%		

Only variables significant at 95% of confidence are presented

Up until now the proximity to subcentres diminishes its importance (and in some cases disappears) when other control variables are included, but there is the possibility that such an effect is produced because housing and economic activity are merged in a sole urban density. Despite the fact that locational factors for such land uses might vary. Most of the studies in the literature analyse such densities in different models, although none of them uses the net area (i.e. the area developed for housing or economic activity).

Table 5 portrays the coefficients for employment and population density considering all the subsystems (both those structured by emergent and integrated nuclei). While the sign of explanatory variables remains the same, the value of their coefficient suggests differences between urban form coming from population and employment. The distance to the CBD seems to have a stronger influence on employment density rather than on population density in Barcelona, Madrid, and Saragossa (in this last city such a variable was missing in the global density model). The proximity to the centralities, both the subcentres and the CBD, has the same effect as well. Even in the case of Barcelona such a variable becomes insignificant in the population density model. It seems, then, that subcentres are primarily an employment process as Daniel McMillen & William Lester (2003) have proposed. Agglomeration economies epitomizing in centres exert a clear influence basically on the distribution of employment, since the distribution of population follows other drivers, which may be related to the demographic aspects studied by Champion (2001).

Table 5 Models for population and employment density considering the distance to functional subcentres and other control variables

Employment density

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Seville			Valencia			Saragossa		
r ² adj	0,57			0,17			0,53			0,47			0,32			0,65			0,21		
F ANOVA	34,88			9,24			38,88			12,14			7,80			31,64			8,04		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
Constant	7,85		27,49	7,55		30,33	8,14		30,93	7,37		56,26	7,75		31,56	7,41		53,90	6,35		23,40
Dist CBD	-0,03	-0,52	-7,50				-0,04	-0,66	-10,52										-0,01	-0,25	-2,30
Inv Dist Sub	2,66	0,15	2,64	5,53	0,29	2,80	5,09	0,17	3,03									5,72	0,22	2,11	
Suburban railway							0,54	0,19	3,20							0,58	0,29	3,83			
Orography complexity																-0,67	-0,50	-6,24			
Slope	-3,61	-0,22	-3,62										-8,67	-0,37	-2,81						
Coast	0,50	0,17	2,85	-0,86	-0,31	-3,07															
Fragmentation							-0,49	-0,21	-3,80	-0,62	-0,56	-3,72	-0,38	-0,33	-2,54	-0,46	-0,27	-3,61	0,24	0,24	2,32
Tertiary/non-manuf.	0,23	0,16	2,18																		
Medhigh-high income																-0,20	-0,16	-2,17			
Medlow_low income	0,26	0,20	3,16				0,22	0,24	4,07	0,51	0,61	4,04	0,21	0,30	2,25	0,30	0,24	3,50			

Only variables significant at 95% of confidence are presented

In bold are non stationary variables (at least a 90% of confidence) according to the Test of Montecarlo in the LWR analysis

Population density

	Barcelona			Bilbao			Madrid			Málaga			Seville			Valencia			Saragossa		
r ² adj	0,57			0,04			0,41			0,61			0,32			0,59			0,14		
F ANOVA	34,88			4,54			30,42			13,90			11,33			25,55			7,67		
	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value	B	Beta	t-value
Constant	9,15		43,97	8,55		35,15	9,23		42,19	14,03		6,93	8,97		62,27	8,78		80,07	7,02		49,49
Dist CBD	-0,02	-0,43	-5,95				-0,03	-0,56	-7,91												
Inv Dist Sub				4,31	0,23	2,13													5,00	0,25	2,34
Suburban railway							0,46	0,20	3,05												
Orography complexity										-2,51	-0,32	-2,49	-0,38	-0,35	-2,80	-0,40	-0,34	-3,89			
Slope	-2,99	-0,20	-3,36																		
Coast	0,48	0,18	3,01																		
Fragmentation	-0,35	-0,19	-3,31				-0,66	-0,36	-5,68	-1,04	-0,73	-5,46	-0,51	-0,50	-4,00	-0,60	-0,38	-5,04			
Tertiary/non-manuf.	0,28	0,22	2,91													0,38	0,33	3,94			
Medhigh-high income																-0,26	-0,22	-2,79	-0,30	-0,30	-2,88
Medlow_low income	0,20	0,17	2,64				0,21	0,27	4,47	0,66	0,61	4,67				0,21	0,19	2,54			

Only variables significant at 95% of confidence are presented

Enclosed in a box are the non stationary variables (at least a 90% of confidence) according to the Test of Montecarlo in the LWR analysis

The remainder of the coefficient variations are as expected, however some explanations are needed:

- The slope variable seems to reduce the employment density more since steeper areas are less suitable for economic activities (mostly for extensive ones), at the same time high-standing dwellings locate in hilly sites with panoramic views
- Pattern scatteration is more associated with low-density housing fabrics, since those sprawled developments are chiefly for housing
- The factor synthesising the presence of tertiary activities seems to positively affect the population density more than economic activity. This paradox is solved when it is considered that in compact cities (such as those analysed) services and housing coexist in the same buildings (because externalities of services are quite compatible with residential uses) in dense fabrics, using for instance the ground level for retail, the first

stories for office activities and the remaining stories for flats. So increasing the proportion of service activities also means an increase in the density of population.

- The same is valid for medium low-low income (with a higher positive incidence on the employment density), since mixed activity buildings are not seen as exclusive high standing alternatives for living, and are rarely chosen by high-income households, who prefer buildings of a purely residential nature and even in mostly residential neighbourhoods.

Lastly, a set of locally weighted regression models (LWR) has been used to prove, by means a Monte Carlo Test, the stationarity of the variables used in the models in Table 5. Enclosed in a box are the coefficients of the variables that resulted non-stationary for each model and city. That is to say, those that have a statistically significant different importance across the space on the explanation of employment and population densities. In Barcelona, a clear asymmetrical metropolitan area, having on one side two mountain chains limiting/interrupting the urban pattern, and on the other the sea, the proximity to CBD has a non-stationary effect on employment and population densities (i.e. at the same distance from the centre, controlling for the rest of variables, densities are different); the same is true in the case of Madrid with regard to the proximity to subcentres and employment density. It can also be said that topography has a non-stationary influence in the three cities located along the Mediterranean coast. It is not surprising that such Mediterranean Riviera cities depict this phenomena, since sharp terrains with sea-view are very well appreciated, which counteract the reduction of density produced by non-plain orography. LWR models also allow for locally adapting the density surface, since theory offers little guidance of which functional form to use. Such an issue is important when gross density is used as in this study. Such flexibility is reflected on the improvement of the adjustment. In all cases the explained variance increases (e.g. in Barcelona it increases from $R^2_{adj}=0.57$ in the OLS model up to $R^2_{adj}=0.75$ in the LWR model).

6. Discussion and policy implications

Our findings have found that in Spain even small cities tend to form (integrate) subcentres, although the level of polycentrism, understood as the evenness of the distribution of employment between (sub)centres, is clear correlated to the size of the city. So it can be said that polycentrism is not an exclusive pattern of big cities, but it is poorly present in small ones. In such a scenario, it is possible to test to what extent secondary centres influence city densities beyond themselves. The main purpose of this research is to prove whether secondary nuclei do reduce urbanised land per person on the surrounding zones when considering other control variables. In doing so, it has been argued that besides transport costs, the main element behind the formation of densities according to the bid rent theory, other variables have an incidence on land values and consequently also have an influence on urban densities. So, externalities (i.e. sea views or the presence of manufacturing) and the social division of the space (i.e. residential segregation) should be included since they have incidence on land values, and consequently on densities according to the substitution principle. Constraints to high-rise urban development should include orographic conditions (i.e. regularity and slope).

Of the 7 largest cities in Spain, Barcelona is the one most studied. According to the previous studies reported in Table 1, this metropolitan system stands out as one of the most polycentric in the country and its subcentres clearly exert an influence on the density function of the surrounding zones. Nevertheless, our findings suggest that such a conclusion is not extendible to the remaining cities of the Spanish metropolitan system, and even in Barcelona the importance of the proximity to subcentres in explaining urban densities vanishes, and eventually disappears, when other control variables are taken into consideration at municipal level.

Although the findings of this paper reveal that, in general, the proximity to main centres still matters on the morphological organisation of contemporary metropolises in Spain, some divergences need to be addressed.

In the largest metropolitan areas such as Madrid and Barcelona the main influence is coming from their respective central business districts. The proximity to the subcentres is only relevant for understanding the employment distribution, and is more important for integrated (old) subcentres. Nonetheless the fact that the proximity to the subcentre matters on the distribution of employment densities does not mean that it is the main element governing such a trend. Other variables have been found which are more important. Such variables are basically affiliated to the orographic constraints of the natural environment, even though landscape irregularities have a non-stationary impact on urban densities, especially in coastal cities in which hilly urban development may imply having sea views, which lowers the reduction of densities since such attributes are very well appreciated in the land markets.

In the medium-sized and small cities the influence of the proximity to the centres fades out in a more significant way. Our models were unable to find any influence on urban densities derived from the proximity to the CBD in Valencia, Bilbao, Seville, Saragossa and Malaga, when control variables were taken into consideration. For these cities the proximity to subcentres only appeared as significant variables in Bilbao and Saragossa, explaining the density trend for both employment and population, albeit that it is insufficiently persuasive to give a comprehensive portrait of overall metropolitan density.

In most of the models urban fragmentation appears after the CBD influence (when present) as the most correlated variable with artificialized land per capita. Such a finding suggests that urban policies allowing low density developments such as those linked to suburban arrangements, directly through zoning or indirectly through weak supervision¹³ usually become disconnected from urban fabrics, and are the main factor explaining (low) urban densities, independently of their position in relation to centres. Such and independence of low density/fragmented developments and distance to centres can only be understood if the notion that real estate assets are long durable goods is taken in consideration, with many

¹³ In Spain during the 1960s and 1970s, the illegal low-density urbanization of municipalities neighbouring metropolitan areas was quite common. Such developments were allowed by little, if any, enforcement from local authorities and the existence of a poorly regulated land market.

constraints (i.e. property rights, zoning, etc.) making them rigid to changes over time. Therefore low-density/fragmented developments formerly located on urban fringes, may eventually become located near subcentres.

So policies that rely only on the creation, distribution and reinforcing of metropolitan subcentres, as has been pursued by the European Spatial Planning Strategy or in the Regional Plan of the Metropolitan Region of Barcelona, to organise and regulate urban densities might find themselves inefficient, due the existence of other factors with a higher incidence on urban form - factors that require a close supervision from policy makers.

References

- Alonso, W. (1964). *Location and Land Use*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Alperovich, G. (1983). Determinants of Urban Population Density Functions: a Procedure for Efficient Estimates, *Regional Science and Urban Economics* 13, 287-295.
- Anas, A.; Arnott, R. & Small, K. (1998). "Urban Spatial Structure," *Journal of Economic Literature*, Vol. 36, No. 3, 1426-1464.
- Beaumont, C.; Ertur, C. & Le Gallo, J. (2004). Spatial Analysis of Employment and Population Density: The Case of the Agglomeration of Dijon 1999, *Geographical Analysis* 36, 2, 146-176.
- Bogart, W.T. & Ferry, W.C. (1999). Employment Centres in Greater Cleveland: Evidence of Evolution in a Formerly Monocentric City, *Urban Studies* 36, 2099-2110.
- Boix, R. & Trullén, J. (2012). Polycentrism and urban structure: a critic review from the perspective of the research agenda, *ACE: Architecture, City and Environment*, vol. 6, 18.
- Boix, R. & Veneri, P. (2009). Metropolitan Areas in Spain, IERMB Working Paper in Economics, nº 09, 01.
- Bontje, M. (2004). From suburbia to post-suburbia in the Netherlands: Potentials and threats for sustainable regional development
- Bontje, M. & Burdack, J. (2005). Edge Cities, European-style: Examples from Paris and the Randstad, *Cities*, Vol. 22, No. 4, 317-330.
- Brasigton, D. (2001). A model of urban growth with endogenous suburban production centres, *Annals of Regional Science*, 35, 411-430
- Champion, A.G. (2001). A changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city population. *Urban Studies*, vol. 38, nº 4, 657-67.
- Clark, C. (1951). Urban population densities. *Journal of the Royal Structural Society*, 114, pp. 490-495.
- Coombes, M. & Openshaw, S. (1982). The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments, *Regional Studies*, 16, pp. 141-149.
- Craig, S.G. & Ng, P.T. (2001). Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area, *Journal of Urban Economics*, 49, pp. 100-120.
- EP (2009). *Auken Report: On the impact of extensive urbanisation in Spain on individual rights of European citizens, on the environment and on the application of EU law, based upon petitions received*, European Parliament.
- Feria, J.M. & Albertos, J.M. (Coords.) (2010b). *La ciudad metropolitana en España: procesos urbanos en los inicios del siglo XXI*. Cizur Menor, Civitas Thomson Reuters, 442 pp.
- Feria, J.M. (2008). Un ensayo metodológico de definición de las áreas metropolitanas de España a partir de la variable residencia-trabajo. *Investigaciones Geográficas*, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, nº46; 49-68.
- Feria, J.M. (2010a). La delimitación y organización espacial de las áreas metropolitanas españolas: una perspectiva desde la movilidad residencia-trabajo. *Ciudad y Territorio – Estudios Territoriales*, pp. 189-210.

- Fujita, M. & H. Ogawa (1982). Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configurations, *Regional Science and Urban Economics* 12, 161-196.
- García-López, M.A. (2007). Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona, *Architecture, City & Environment* 4, 519-553.
- García-López, M.A. (2010). Population suburbanization in Barcelona, 1991–2005: Is its spatial structure changing? *Journal of Housing Economics* 19, 119-1932.
- García-López, M.A. & Muñiz, I. (2010) The Polycentric Knowledge Economy in Barcelona, *Urban Geography*, 31, pp. 774-799.
- Giuliano, G. & Small, K.A. (1991). Subcenters in Los Angeles Region, *Regional Science and Urban Economics*, 21, 163-182.
- Giuliano, G. & Small, K.A. (1993). Is the journey to work explained by urban structure? *Urban Studies* 30 (9): 1485–1502.
- Giuliano, G.; Redfearn, C.; Agarwal, A. & He, S. (2012). Network Accessibility and Employment Centres, *Urban Studies*, 49, 1, 77-95.
- Gordon, P., Richardson, H.W. & Wong, H.L. (1986). The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles, *Environment and Planning A* 18, 161-173.
- Gordon, H; Ricardson, J. & Giuliano, G. (1989) Travel Trends in non-CBD Activity Centres, Final Report, Urban Mass Transportation Administration, U.S. Department of Transportation.
- Green, Nick (2007). Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis, *Urban Studies*, Vol. 44, No. 11, 2077–2103.
- Griffith, D.A. (1981). Modelling Urban Population Density in a Multi-centered City, *Journal of Urban Economics* 9, 298-310.
- Hartwick, P.G. & J.M. Hartwick (1974). Efficient resource allocation in a multinucleated with intermediate goods, *Quarterly Journal of Economics* 88, 340-352.
- Heikkila, E. (1988). Multicollinearity In Regression Models with Multiple Distance Measures, *Journal of Regional Science* 28, 3, 345-362.
- Helsley, R. & Sullivan, A. (1991). Urban subcenter formation, *Regional Science and Urban Economics* 21 (1991) 255-275.
- Kau, J. B. & Lee, C. F. (1976). Capital-Land Substitution and Urban Land Use. *Journal of Regional Science* 16 (1): 83-92
- Kau, J.B., Lee, C.F. & Chen, R.C. (1983). Structural Shifts in Urban Population Density Gradients: An Empirical Investigation, *Journal of Urban Economics* 13, 364-377.
- Kim, T.J. (1983). A combined land use-transportation model when zonal travel demand is endogenously determined, *Transportation Research* 17B, 449-462.
- Kloosterman, R. & Musterd, S. (2001). The Polycentric Urban Region: Towards a Research Agenda, *Urban Studies*, Vol. 38, No. 4, 623–633.
- McDonald, J. & McMillen, D. (1990). Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago, *Environment and Planning A*, 22, pp. 1561-1574.
- McDonald, J. & McMillen, D. (2000). Employment Subcenters and Subsequent Real Estate Development in Suburban Chicago, *Journal of Urban Economics* 48, 135-157.
- McDonald, J. & Prather, P. (1994). Suburban employment centres: The case of Chicago, *Urban Studies*, 31, pp. 201-218.
- McDonald, J.F. (1987). The Identification of Urban Employment Subcenters, *Journal of Urban Economics*, 21, pp. 242-258.
- McMillen, D. (2001). Non-Parametric Employment Subcenter Identification, *Journal of Urban Economics*, 50, pp. 448-473.
- McMillen, D. (2003). Employment subcenters in Chicago: Past, present, and future, *Federal Reserve Bank of Chicago, Economic Perspectives*, 2Q, 1-13.
- McMillen, D. (2003b). Identifying Sub-centres Using Contiguity Matrices, *Urban Studies*, Vol. 40, No. 1, 57–69.
- McMillen, D. & Lester, W. (2003). Evolving subcenters: employment and population densities in Chicago, 1970–2020, *Journal of Housing Economics* 12 (2003) 60–81.
- McMillen, D. & McDonald, J.F. (1997). A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City, *Journal of Regional Science*, 37, pp. 591–612.

- McMillen, D. & McDonald, J.F. (1998). Suburban subcenters and employment density in metropolitan Chicago *Journal of Urban Economics*, Vol. 43, pp.157-180.
- McMillen, D. & Smith, S. (2003). The number of subcenters in large urban areas, *Journal of Urban Economics* 53 (2003) 321–338.
- Meijers, Evert (2008). Measuring Polycentricity and its Promises, *European Planning Studies*, 16:9, 1313-1323.
- Mills E.S. & Hamilton B.W. (1984). *Urban Economics*, Scott Foresman, Glenview, IL.
- Mills, E. (1969). The value of urban land in *The Quality of the Urban Environment* (H. Perloff, ed.) 231-253, Johns Hopkins Press, Baltimore.
- Muñiz, I.; Galindo, A. & García-López, M.A. (2003). Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona, *Urban Studies*, 40, pp. 1303-1321.
- Muñiz, I.; García-López, M.A. & Galindo, A. (2008). The Effect of Employment Sub-centres on Population Density in Barcelona *Urban Studies*, Vol. 45, No. 3, 627-649.
- Muth, R. (1969). *Cities and Housing*. Chicago: Chicago University Press.
- Odland, J. (1978). The conditions for multi-centred cities, *Economic Geography* 54, 234-245.
- Ottensmann, J.; Payton S. & Man J. (2008). Urban Location and Housing Prices within a Hedonic Model, *The Journal of Regional Analysis & Policy* 38, 1, 19-35.
- Rahma, F.; Sumarminingsih, E. (2015) Spatial extent of land use externalities in the Jakarta fringe: spatial econometric analysis, *Review of Urban & Regional Development Studies*, Vol. 27, Num. 3: 230-242
- Redfearn, C.L. (2007). The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area, *Journal of Urban Economics* 61, pp. 519-561.
- Roca, J.; Burns, M. & Moix, M. (2005). Las Áreas Metropolitanas Españolas. Evolución 1991-2001. CPSV. UPC Barcelona.
- Roca, J. & Moix, M. (2005) The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems, *Regional Studies* 39, pp. 359–375.
- Roca, J.; Marmolejo, C. & Moix, M. (2009). Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept, *Urban Studies* 46, 13, 2840-2868.
- Sasaki, K., (1990). The establishment of a subcenter and urban spatial structure, *Environment and Planning* 22A, 369-383.
- Sasaki, K. & Mun, S. (1996). A Dynamic Analysis of Multiple-Center Formation in a City, *Journal of Urban Economics* 40, 257-278.
- Serra, J., Otero, M. & Ruíz, E. (2002). *Grans Aglomeracions Metropolitanas Europees*. Papers, Regió Metropolitana de Barcelona. Nº 37
- Small, K. & Song, S. (1994). Population and Employment Densities: Structure and Change, *Journal of Urban Economics* 36, 292-313
- Stewart, J. Q. (1947). Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population. *Geographical Review*, 24, 461- 485.
- White, Michelle J. (1976) Firm suburbanization and urban subcenters, *Journal of Urban Economics* 3, 323-343.
- White, Michelle J. (1999) Urban areas with decentralized employment: theory and empirical work. *Regional and Urban Economics*. Edited by E.S. Mills and P. Cheshire.
- Wieand, Kenneth F. (1987). An extension of the monocentric urban spatial equilibrium model to a multicenter setting: The case of the two-center city, *Journal of Urban Economics* 21, 259-271.

The influence of urban structure on commuting: an analysis for the main metropolitan systems in Spain

Carlos Marmolejo Duarte

Associate Professor, Polytechnic University of Catalonia

carlos.marmolejo@upc.edu

&

Maira Tornés Fernández

Researcher at the Centre of Land Policy and Valuations

moira.tornes@upc.edu

Prepared for Urban Transitions Congress to be held in Shanghai, 5-9 September 2016

Contact data

carlos.marmolejo@upc.edu

Av. Diagonal, 649, 4ta, 08028, Barcelona, Spain. Tel. 934016396 Fax 934016426

The influence of urban structure on commuting: an analysis for the main metropolitan systems in Spain

Abstract

It is widely recognised that urban mobility is responsible for the generation of an important proportion greenhouse gasses produced by households, at the time that it has important social and economic implications for urban sustainability. Nonetheless, in the literature few attention has been placed on the relationship between urban structure and commuting. In this paper, using travel-to-work data for the main seven metropolitan systems in Spain we investigate both the impact of polycentric urban development on labour mobility and other urban factors influencing excess commuting. In doing so, a synthetic indicator of travelled distance is constructed and correlated to polynucleation and polycentricity indexes. Also an econometric family of models is built to regress excess commuting, after controlling for urban structure, over infrastructure and transport services, labour market structure, housing amenities, commuters' income level, orographic complexity. Results suggest that effectively there is an inverse relationship between the number and size of subcentres in terms of employment (polynucleation) and the distance travelled by commuters, nevertheless, such relationship is weaker with the strength of functional linkage between subcentres and their hinterland (polycentricity), which in turns suggest the presence of other factors influencing commuting. According to regression analyses, commuting is exacerbated in areas well served by private and high capacity public transport, also in zones where employment dominates over housing, especially if jobs are basically oriented to manufacturing. On the contrary, the diversification of housing typologies reduces labour mobility. In sum, urban structure and other planning-modifiable urban attributes seem to have an endogenous potential to mitigate commuting in metropolitan systems, and consequently contribute to reduce climate change.

Keywords

Polycentrism, urban mobility, travel to work journeys

1. Introduction

From a social point of view separating employment and residence results into prejudicial consequences for social groups of limited mobility; from an economical point of view distancing firms means losing the opportunity to take advantage of external economies and from an environmental point of view scattering results in excessive land consumption and environmental costly transport systems. In Spain this latter topic has become especially relevant in the course of the last 15 years, a period in which the real estate sector has produced several times the actual demand for housing, most of the times following a high land consumption scheme. Such a concern has clearly trespassed the national jurisdiction as it is reflected in the Auken Report for European Parliament concerning the impact of extensive urbanisation and environmental menaces particularly in coastal zones (Auken, 2009).

Politicians, especially in Europe, have seen polycentric development as an alternative model to dispersion allegedly leading to cohesion, competitiveness and sustainability (Meijers, 2008); although, the empirical basis of such benefits is still weak and in some cases is contradictory (Boix & Trullén, 2012). In such a way, it has been said that polycentricity has much of normative rather than analytical (Green, 2007). Our main goal is to explore to what extent subcentres do have an impact on house-job travelled distances, and thus shed light on the environmental sustainability of policentricity in the regional context of the metropolises analysed.

It is widely recognised that urban mobility is responsible for the generation of an important proportion greenhouse gasses produced by households, at the same time it has important social and economic implications for urban sustainability. Nonetheless, in the literature few attention has been placed on the relationship between urban structure and commuting. In this paper, using travel-to-work data for the main seven metropolitan systems in Spain we investigate both the impact of polycentric urban development on labour mobility and other urban factors influencing excess commuting.

The remaining of the paper is structured as follows: 1) a brief literature review on the relationship between urban structure and travel to work is presented, 2) after the case study, methodology and data used in the paper is introduced, 3) results are discussed in the following part and 4) a general review of the main findings is summarized in the conclusive epigraph.

2. The influence of urban form on commuting in the literature?

The relationship between land uses and transport is a constant in most of the theoretical urban models such as those proposed by urban economics, where it appears to be a trade-off between transport cost and land rent that at the same time influence the location of

households (Mills, 1972). Nonetheless, such models have been criticised in the paradigm of sustainability where the study focus has been displaced from transport to mobility. According to this new theoretical framework travel decisions depend upon a number of factors beyond the availability of infrastructures and transport services (Miralles, 2002). Such a novel approach considers that the influence of job location on the residential choice has declined as other factors have emerged such as the deregulation of labour markets, the demographic transition (i.e. changes in the household formation, the increment of life expectancy and the number of employed people inside households), the importance of leisure aligned to the increment of income and postindustrialization. In that process the emergence of ICT has also produced the redistribution of productive functions across the city (Champion, 2001; Flamm y Kaufmann, 2006). On the other hand, the revolution of transport systems empowered by the revolution of informational devices applied to transport and mobility have eased the space friction space and facilitated long distance commuting. All together has negatively influenced the linkage of the home-job relationship and of course the mobility connexion between the place of residence and the job place.

The aforementioned issues do not cancel the relationship between urban form and mobility, but reveals the existence of other factors that might have an influence on commuting. The existing research depicts two approaches to the study of urban form and mobility as described below.

The co-location of employment and population within the zones

From an intra-zone perspective there is an open discussion on the influence that produces the balance between employment and housing over commuting patterns. A given zone is considered in balance when its working population can get a job located within a reasonable distance. Therefore, the imbalance occurs when there is a significant difference between the number of working population and job places producing as a result commuting with destination and/or origin in other zone (Cervero, 1989; Giuliano & Small, 1993). From that perspective, a number of studies at the end of the eighties explored the relationship between the job/housing ratio, and the exclusive zoning, and the important increase in commuting and congestion. Such studies did find a weak and no-lineal relationship between the land use allocation (i.e. job/housing ratio) and the distance of commuting (Peng, 1997): only the highly unbalanced ratios appeared to have an influence on commuting. On the contrary, this research field revealed other factors influencing the residential choice apart from the proximity to the working places. Aspects such as the quality of the environment, the perceived security (Wachs & Taylor, 1993; Giuliano & Small, 1993) and the existence of services and leisure facilities (Aguilera & Mingnot, 2004) proved to have a role in the residential election. Perhaps, behind the weakness of the above-mentioned relationship resides the oversimplification of the co-location hypothesis. In cities where land markets arbitrate the residential allocation, the income level, necessities and affinities of households need to be taken into consideration (Giuliano & Small, 1991). Therefore, the quantitative balance between the number of dwellings and workings places is insufficient to produce a containment of commuting, it is necessary a qualitative matching between the housing market and the possibilities and

aspirations of householders. Other evident problem in this first approach is the indexation of the number of working places to the number of dwellings, when clearly in contemporary demographic structures there is not a unitary correspondence between the number of households and working population.

The spatial distribution of employment and population across the zones

The idea that the spatial structure of cities does influence the patterns of commuting is not new: "Polycentricity is identified as an efficient urban form since it reduces commuting times, and thus transport costs. Under that perspective, the monocentric city becomes inefficient since urban growth induce congestion in central zones" (Clark & Kuijpers-Linde, 1997; pp. 3-4). Such polycentric framework implies that economic activities do agglomerate in subcentres across the space reducing the distance travelled by working population living both in the subcentres and their hinterland. This hypothesis is also derived from theoretical models of polycentric growth, which support the idea that multicentre cities emerge when transport costs and congestion are important (Fujita & Ogawa, 1982). The work of McMillen & Smith (2003) for 62 metropolitan areas in US has empirically proved the relationship between the number of subcentres and both the size of the urban area and transport costs. Does such polycentric structure directly imply the reduction of commuting? Cervero & Wu (1997) find in San Francisco that commuting in central areas is 30% longer (in distance) than in subcentres (e.g. Silicon Valley), which in turns suggest that polycentrism implies less commuting. Aguilera (2005) has arrived to the same conclusion for the three largest cities in France, where the existence of subcentres allows that resident population living around them has shorter commuting, but not as short as it is directly derived from theory.

The above-mentioned conclusion does not hold when the data is analysed from a diachronic perspective. Cervero & Wu (1998) fail to demonstrate that the concentrated decentralization of employment, which reinforce polycentrism, is positively associated with the reduction of travelled distance. Such a conclusion converges with the work of Baccaini (1997) for Paris where employment decentralisation is parallel to residence decentralization. As consequence the possible benefits from employment polynucleation are eclipsed by the simultaneous change of residence location. Gordon *et al.* (1986) find contradictory evidence for Los Angeles (1970-180), according to their study in a parallel decentralization process where population sprawls across the metropolitan area and employment clusters among secondary centres commuting is reduced due the increase of short travel distance in peripheral zones. Perhaps such divergence can be solved using commuting time instead of travel distances, since peripheral areas have less congestion and higher travel speeds than central zones. Using this second approach, Sultana (2000) finds that in Atlanta dispersed employment nuclei do reduce travel distance in relation to those centrally located, as well, the author reports a positive correlation between the size of the centre in employment terms and the travelled time. Nonetheless as the author notes Atlanta suffers from congestion in central areas, thus short travel times in subcentres may imply larger travel distances using private cars as it has already been proved in San Francisco by Cervero & Wu (1997).

The study carried out by Aguilera (2005) is unique since it uses both of the approaches to analyse whether the polycentric urban structure induces along the time a job/housing co-location. Her findings for Paris, Lyon and Marseille in the period 1990-2000, suggest that from a synchronic perspective polycentrism shortens commuting distances; nonetheless from a diachronic perspective its influence in governing commuting patterns vanishes. According to her study, as the time goes, subcentres reduce both the self-containment and self-sufficiency, it is to say, their capacity to retain working population and satisfy labour demand of localised firms. In turn, this process produces larger commuting distances both from the perspective of in-commuters and out-commuters. Thus the polycentric structure from a dynamic perspective fails to reinforce both the job/housing co-location and the travelled distance. García-López (2010) arrives to a similar conclusion in his study for the metropolitan area of Barcelona. In such a city the historical capacity of the centre and subcentres to govern the overall population density collapses in favour of the increasing influence of transport infrastructures for the studied period.

The contradictory evidence previously reported may originate from:

- 1) The oversimplification of the relationship of housing and employment. Since it is evident the enormous diversity existing both in employment qualifications and housing demand/offer. Thus it is expectable that the residential and labour market only interacts (complements each other) when there is a correspondence both in labour skills and the necessities and possibilities inside the housing market. In such respect, Laan (1998) and Schwanen *et al.* (2001) agree that polycentrism only reduce travel distances in the case that suburban labour market (structured by subcentres) is independent from that located in the centre of the city. If such a differentiation fails to exist, thus policentricity may foster travelled distances due the cross-centres commuting.
- 2) The fact that previous studies fails to separate mature subcentres from emergent ones. Especially in Europe policentricity is associated to the functional merging of former independent centres and their hinterland. Such historic centralities have a diversified labour and residential market that allows to match different skills and housing necessities/affordability, fostering in that way self-containment of population. On the contrary, emergent subcentres are usually associated to mono-functional land uses with poor facilities and services fostering in that way urban mobility.

In this paper we try to solve both of the aforementioned issues as it is explained in the next section.

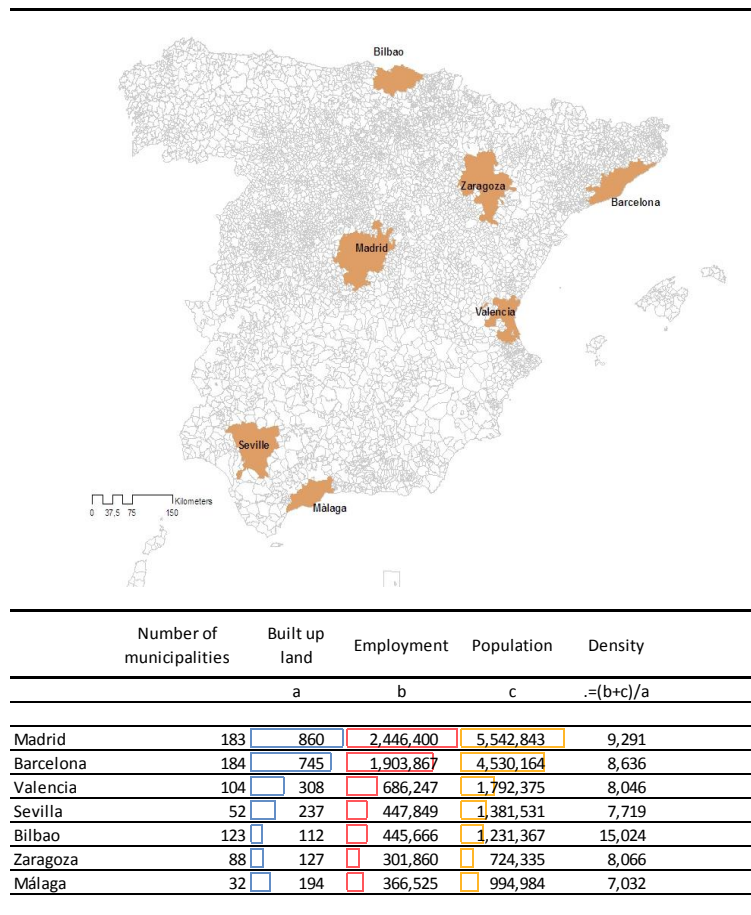
3. Case study, data and methodology

3.1 Case studies

In this paper we study the impact of polycentrism on labour commuting in the seven largest cities in Spain: Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Seville, Saragossa and Malaga as delimited

by Marmolejo *et al.* (2012). Using travel to work data such authors, using the so called, interaction value, also identify the structure of metropolitan cities, it is to say, the delimitation of main centre and subcentres, and the area structure by them named subsystem. Figure 1 depicts the main figures of the studied cities and figure 2 the structural form. Barcelona, Valencia and Bilbao stand as the areas with the highest number of subcentres, that conjointly concentrate a significant share of employment (ranging from 20% in Valencia to Barcelona with 22%); at the same time those metropolitan areas do concentrate the lowest share of employment in their expanded-CBD¹ (ranging from 47% in Valencia to 56% in Bilbao). Exactly in the inverse position are Madrid, Seville and Saragossa, which stand as the most monocentric and less polycentric metropolises in Spain. Malaga is an outlier, because having only 4 subcentres they have an important share of employment (23%), and at the same time its expanded-CBD is not to big as in the case of monocentric metropolises.

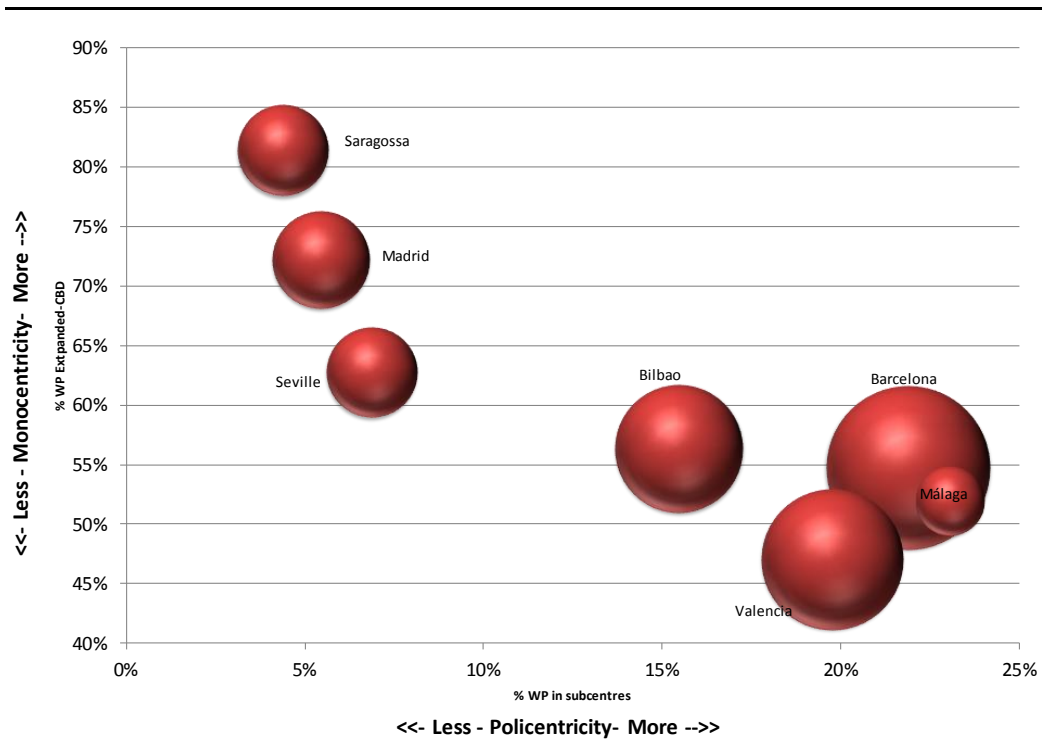
Figure 1 Main figures of biggest metropolitan areas in Spain



Source: Corine Land Cover & National Census 2001 (ICN, INE)

¹ We compute as extended-CBD those municipalities that: 1) are part of the urban continuous of the main municipality –i.e. their urbanized patches are closer than 200 m- and 2) are inside of the functional subsystem of CBD as detailed above in the main text.

Figure 2 Structure of the metropolitan areas in Spain



	Employment ('000)	% employment in the expanded-CBD	Number of subcentres	Employment in subcentres (%)	Population in subcentres (%)	Entropy in the employment distribution in all centres	Average number of steeps to integrate all municipalities into the expanded-CBD
Madrid	2,446	72%	8	5%	6%	0.21	1.66
Barcelona	1,904	55%	23	22%	22%	0.83	2.24
Valencia	689	47%	17	20%	19%	0.77	2.07
Seville	448	63%	7	7%	9%	0.25	1.44
Bilbao	438	56%	14	15%	15%	0.50	1.92
Saragossa	302	81%	7	4%	4%	0.14	1.80
Málaga	367	52%	4	23%	16%	0.50	1.66

The size of sphere is significant of the number of subcentres

Source: own elaboration

3.2 Data

We primary use data coming from the National Census 2001 (the last reliable that is available) at municipal level (the smallest unit for travel to work data at destination). Departing from such a source we use:

- 1) Travel to work data used to delimit metropolitan areas and identify subcentres as well as characterize commuting patterns
- 2) Characterize the labour market in terms of industrial classification of sectors, diversity of the economic activities, as well as type of occupation
- 3) Characterize the income level, departing from the occupation of working population
- 4) Characterize the housing market departing from the size and quality of houses

Also we use Corine Land Cover to analyse land use patterns. Corine (Coordination of Information on the Environment) Land Cover project for the year 2000, is leaded by the European Environment Agency, and it uses satellite imagery from LandSat and SPOT to make the photo interpretation of the use of land inside the EU. With such information we calculate:

- 1) The consumed land per capita at municipal level
- 2) The fragmentation of urban fabrics², it is to say the level of discontinuity of the urban tissue

Finally using the Digital Terrain Model we obtain the orography of urban areas. Distances between municipalities are computed using TeleATLAS cartography.

All the information is managed and analysed using ArcGIS (for land use and digital terrain model), TransCAD for travel to work modelling and SPSS for the statistical analysis.

3.3 Methodology

In order to prove the relation between polycentrism and commuting patterns we construct the excess commuting indicator, departing from the optimal commuting index of White (1988), that minimizes:

$$CT = \sum_i \sum_j (C_{ij} X_{ij})$$

Where

C_{ij} is the cost of commuting (distance)

X_{ij} is the number of workers that Works in zone i and travel to zone j

Put in simple, such excess commuting index compares the optimal commuting (all the workers commute to the nearest available job place) to the actual commuting. The higher the indicator,

² The fragmentation has been computed using the Shannon entropy formula:

$$H_i = -1 * \sum_{x=1}^n P x_i * \ln(P x_i)$$

In this case P is the probability to find urbanized land in a given x spot in a x municipality. In a x municipality are as many spots as urban patches are. If two patches are separated by a gap inferior to 200m it is considered that form part of the same patch. This later criteria allows for consider the interruptions caused by rivers and other lineal infrastructures (e.g. high voltage electric lines).

the higher the unnecessary commuting. The calculus of optimal commuting has been performed in TransCAD³ software using the built-in optimization model.

Finally, we regress excess commuting indicator over indicators of urban form: housing balance, distance to CBD and subcentre, transport facilities, income level, employment mismatching (the level of coherence between the employment and work force qualification), employment diversity.

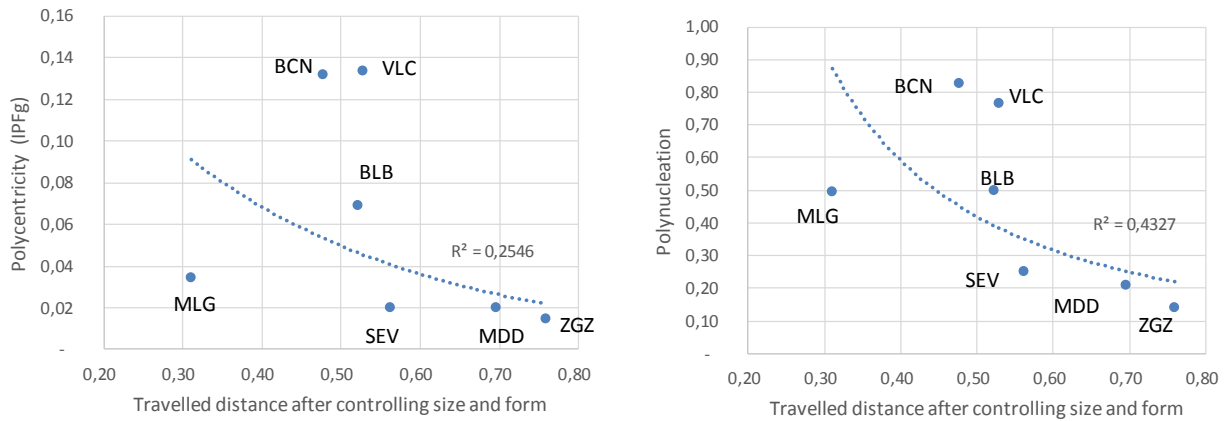
4. Results

The following figure depicts the correlation between commuting and urban structure. As shown there is an inverse correlation between polycentrism and the travelled distance by commuters. Commuting is represented as the ratio of the total travel distance in a given metropolitan area to the total travel distance if such area were completely monocentric (i.e. all employment were to be concentrated in the CBD). The higher the ratio, the more monocentric is the area. This approach allows for controlling the difference of size and morphology of the different metropolitan areas studied. Polycentrism is represented by 2 alternative indicators:

- Polynucleation is built as an indicator of the evenness of employment distribution across subcentres inside a metropolitan area. The higher is the polynucleation, the higher the uniformity of distribution of jobs in the subcentres (See Marmolejo *et al.*, 2015)
- Polycentricity is built upon Green (2007) that measures the functional linkage (i.e. commuting flows) between subcentres. The higher is the polycentricity, the higher the linkage in the subcentre network.

³ The sources of information are two, in terms of demographics and mobility from residence to work in 2001 are extracted from the National Statistics Institute (INE) of Population and Housing provided by the Census and in terms of infrastructure the road network of Tele Atlas year 2001. With all of these three matrices of travel flows have been developed with TransCAD 5.0 software. In this software has been worked with three covers, one with municipal information, another with the network calculated with Tele Atlas and other last, that of centroids of each municipality, which represents the centre of gravity of each municipality.

With data and cover three matrices of travel flows are calculated. First, the current commuting between each centroid of each municipality. The second, the distance matrix, in kilometres, where distances that cross population of a municipality of residence to another to work are shown. And finally the third matrix, the optimal commuting matrix, that means, repositions in simulated way so people have to travel the shortest distance (minimal cost) to get from his home to his work.

Figure 3 Polycentricism and travelled distance (home-work)

Source: own elaboration

The excess commuting indicator controls for the distribution of employment and population, but not for the remaining of urban factors that may influence commuting. The following table contains the results of a family of lineal regression models built to explore the relationship between excess commuting and a number of urban features.

The first model “Transport” is able to explain only 3% of the variance of excess commuting, according to such a model the higher is the presence of railway stations (most of them rendering a suburban-radial train service), the higher the excess commuting, such a finding suggest that working population living in well-connected areas serviced by high capacity transport network do travel more that those living in poorly connected areas. The second model “urban form” is able to explain 19% of the excess commuting, which is relevant to the interest of this research since its explanatory capacity is the highest among individual models. According to such a model, the higher is the presence of manufacturing activity the higher is the excess commuting; such a finding is relevant, since during the last four decades in Spain, as well in other parts of the world, most of the new and decentralising economic activity has been accommodated in industrial parks located in suburban places. The positive sign of the coefficient suggest that manufacturing premises does not encourage the self-contention of site’s working population, on the contrary those municipalities depicting a high level of such activities denote the highest commuting patterns, and behind this issue is the fact that manufacturing locations are well serviced by motorways connecting them with the remaining of the metropolitan system. The second coefficient is the dwelling diversity, such an indicator represents the diversity of housing in terms of size (as a proxy of housing typologies), the negative relationship with excess commuting suggest that well developed residential areas (with a diverse offer of dwellings matching different income levels) do have a higher self-

containment of commuters, since they are able to find the house they can afford or that fulfils their residential expectations. The mismatching CNO coefficient is significant of the non-correspondence between the working population and the employment in a given site in occupational terms. The higher this coefficient is, the bigger the mismatch between the offer and demand of jobs in qualification terms is. The positive correlation of this index and excess commuting ratifies that very specialized job places, which labour force do not match the qualification required by firms do produce higher commuting patterns that balanced zones. Finally, the job ratio (the number of job places to working population) confirms that very economic specialized zones (e.g. manufacturing parks); paradoxically do not contribute to the reduction of commuting, the reversed sign of the square of job ratio suggest an exponential function in the relation with excess commuting.

The income model is constructed over the principal component analysis that summarizes the socio-professional structure of working population. In such a factorial analysis high income is assumed to be linked to managerial and professional working population, medium income is related to workers employed in the personal service sectors, and medium-low profiles includes also the medium qualified manufacturing working population. As suggested by the model there is not a linear relationship with excess commuting and income as theory suggest, high qualified workers depict a negative relationship with excess commuting which indicates that these professional profiles tend to live near their job locations, exactly the same is true for medium-low profiles. The operational principia are the same in both cases, since their income make wealthiest workers live in expensive locations near office based jobs, at the time that blue-collar-workers only can afford housing in the poorest residential areas that are quite often located next to manufacturing locations. On the contrary, medium income population seems to have longer commuting patterns, since their employment oriented to people services is more sprawled across city.

In the integrated model all the precedent models are integrated in a unique one. Some of the variables are introduced and other eliminated. For example in the transport infrastructure dimension the motorway service (expressed as the number of accesses by 10.000 inhabitants) is introduced with the expected positive sign, in the urban form dimension distance to CBD is introduced with a positive sign which suggest that peripheral municipalities show higher excess commuting as expected, other control variables include the orographic complexity with a positive sign that reveals that hilly territories increase the commuting patterns and dummies controlling the cities.

As observed the distance to subcentre does not have any influence on excess commuting, as well the dummy representing the subcentre is not introduced in any model. This finding is not surprising since, as it has been previously indicated, the excess commuting indicator controls, by definition, urban form, it is to say the spatial distribution of both employment and population.

Table 1 Excess commuting models

		MOD1		MOD2		MOD3		MOD4	
		Transport		Urban form		Income		Integrated	
	R	0,17		0,44		0,24		0,52	
	Sq R	3,0%		19,2%		5,9%		27,3%	
	Sq R adjusted	2,9%		18,7%		5,5%		26,2%	
	Error tip.	0,94		0,86		0,93		0,82	
		B	t	B	t	B	t	B	t
Dim	Constant	1,06	29,82	1,90	5,07	1,10	31,85	0,86	2,23
T	Stations/10.000 inha	0,03	4,74						
	Motorway acc/10.000 inhab							0,00	3,49
UF	% manufacturing			1,88	8,95			1,04	4,65
	Dwelling diversity			- 0,90	- 4,77			- 0,49	- 2,51
	Mismatching C N O			0,57	3,44				
	Job ratio			- 0,02	- 4,14				
	Job ratio ²			0,26	3,62			- 0,03	- 5,80
	LTL/Viv tot							0,51	5,66
	Distance to CBD							0,01	3,23
TM	Orographic complexity							0,14	2,34
INC	Medium low					-,169	-4,853		
	Medium					,119	3,380		
	High					-,112	-3,239		
I	Bilbao							0,41	3,83
	Valencia							0,59	5,86
	Málaga							- 0,47	- 2,86
	Zaragoza							0,34	3,32

T= Transport, UF= Urban Form, TM= Territorial matrix, INC=income, I=dummy for diferent cities

5. Discussion and policy implications

Since the emergence of the modern movement in architecture the solution of mobility in cities was excessively delegated to the genius of transport systems. In turns the rapid technical evolution, the reduction of transport costs (not considering externalities) and the enlargements of the network became in and objective by itself. In this process private cars gained share in the solution of daily journeys despite the inequity in their distribution fostering the ubiquity and extension of travels. In sum, the binomial transport-city arrived to a critical causal relationship, for that reason criticisms raised the necessity to change the paradigm

towards the study of mobility. The design of the city, their public spaces, its structure, allocation of land uses and form (including density) might produce more sustainable solutions to urban mobility, in a more equitable way from the social perspective and the right of citizens to access to the city. Transport and city becomes, thus, in a dialectical relationship instead of a simple causal one (Miralles, 2002).

In this paper we have investigated whether the polycentric structure of the largest metropolitan cities in Spain is correlated with the commuting distance. The results suggest the inverse relationship between the indicators of policentricity and the distance that working population travels to reach their job place. The more equitable is the distribution of employment across subcentres, and the larger the influence of such subcentres in governing commuting patterns the shortest the travelled distance. Such a conclusion has enormous policy implications since it broadens the possibility to solve the mobility problems of cities using an endogenous solution: the spatial arrangement of the city.

Not surprisingly, the results suggest that commuting distances is shorter in centres. The regression models built to explain commuting after controlling for the spatial distribution of employment and population, indicate that excess commuting is alleviated in municipalities where both the job offer and housing is diversified. Thus those zones where job skills and housing preferences matches are precisely where commuting is reduced. This conclusion is especially valid in mature subcentres that are not excessively specialised in manufacturing employment.

From a cross sectional perspective our findings support the idea that polycentrism increases the efficiency of urbanisation in commuting terms. Nonetheless, such benefits are reinforced if the spatial structure is accompanied by a diversification of land uses and namely typologies both of housing and economic premises. Such diversity allows workers to find, in the same place, job opportunities according to their skills and housing according to their income level and residential preferences.

Acknowledgement

This paper derives from the project “The polycentrism revisited from the perspective of the spatial and temporal behaviour of population in the main metropolitan areas in Spain” funded under the grant (MINECO CSO2012-33441). The authors thank to Dr. Jorge Cerda for his support in computing indicators.

References

AGUILERA, A. *Growth in commuting distances in french polycentric metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille.* In: URBAN STUDIES. 42, 2005, p. 1537-1547

AGUILERA, A. y MIGNOT, D. *Growth in Commuting Distances in French Polycentric Metropolitan Areas: Paris, Lyon and Marseille.* In: URBAN STUDIES. 42, 2005, p. 1537-1547

AUKEN, M. *Report: On the impact of extensive urbanisation in Spain on individual rights of European citizens, on the environment and on the application of EU law, based upon petitions received, European Parliament.* 2009

BACCAÏNI, B. *Commuting and residential strategies in the Ile-de-France: Individual behaviour and spatial constraints.* In: ENVIRONMENT AND PLANNING A. 29, 1997, p. 1801-1829

BOIX, R. y TRULLÉN, J. *Polycentrism and urban structure: a critic review from the perspective of the research agenda.* In: ACE: ARCHITECTURE, CITY AND ENVIRONMENT. 18, 2012

CERVERO, R. *America's Suburban Centers: The Land Use-transportation Link.* In: UNWIN-HYMAN. 1989

CERVERO, R. y WU, K-L. *Polycentrism, commuting, and residential location in the San Francisco Bay area.* In: ENVIRONMENT AND PLANNING. 29, 1997, p. 865- 886

CERVERO, R. y WU, K-L. *Sub-centring and Commuting: Evidence from the San Francisco Bay Area, 1980- 90.* In: URBAN STUDIES. 7, 1998, p. 1059-1076

CHAMPION, A.G. *A changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city population.* In: URBAN STUDIES. 4, 2001, p. 657-67

CLARK, W. V., & KUIJPERS-LINDE, M. (1994). *Commuting in restructuring urban regions.* In: URBAN STUDIES. 31, 1994, p. 465

ESDP *European Spatial Development Perspective.* 1999

FLAMM, M. y KAUFMANN. V. *Operationalising the concept of motility: A qualitative study.* In: MOBILITIES. 1, 2006, p.167-189

FUJITA, M. y OGAWA, H. *Multiple equilibria and structural transition of nonmonocentric urban configurations.* In: REGIONAL SCIENCE AND URBAN ECONOMICS. 12, 1982, p. 161-196

GARCÍA-LÓPEZ, M.A. *Population suburbanization in Barcelona, 1991–2005: Is its spatial structure changing?* In: JOURNAL OF HOUSING ECONOMICS. 19, 2010, p. 119–132

GIULIANO, G; y **SMALL, K. A.** *Subcenters in the Los Angeles region.* In: REGIONAL SCIENCE AND URBAN ECONOMICS. 21, 1991,p. 163-182

GIULIANO, G. y **SMALL, K.A.** *Is the Journey to Work Explained by Urban Structure?* In: URBAN STUDIES. 9, 1993, p. 1485-1500

GORDON, P; **RICHARDSON, H.W.** y **WONG, H.L.** *The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles.* In: ENVIRONMENT AND PLANNING A. 18, 1986, p. 161-173

GREEN, N. *Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis.* In: URBAN STUDIES. 11, 2007, p. 2077–2103

MARMOLEJO, C; **CHICA, E.,** Massip J. *¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Evolución de la influencia de los subcentros en la distribución de la población.* In: ACE: ARCHITECTURE, CITY AND ENVIRONMENT. 18, 2012, p. 163-190

MARMOLEJO, C.; **RUIZ, N.;** **TORNÉS, M.** *¿Cuán policéntricas son nuestras metrópolis?* CIUDAD Y TERRITORIO, ESTUDIOS TERRITORIALES, 186, 2015 679-700

McMILLEN, D.P. y **SMITH, S.C.** *The number of subcenters in large urban areas.* In: JOURNAL OF URBAN ECONOMICS. 53, 2003, pp. 321-338

MILLS, E.S. *Markets and efficient resource allocation in urban areas.* In: SWEDISH JOURNAL ECONOMICS. 74, 1972, p. 100-113

MIRALLES-GUASCH, C. *Transporte y ciudad. El binomio imperfecto.* In: ARIEL. 2002

MIRALLES-GUASCH, C. y **CEBOLLADA, A.** *Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad.* In: FUNDACIÓN ALTERNATIVAS. 25, 2003

PENG, Z. *The Jobs- Housing Balance and Urban Commuting.* In: URBAN STUDIES. 8, 1997, p. 1215- 1235

SCHWANEN, T; DIJST, M. y DIELEMAN, F.M. *Leisure Trips of Senior Citizens: Determinants of Modal Choice.* In: SOCIALE GEOGRAFIE. 92, 2001, p. 347-360

SULTANA, S. *Some Effects of Employment Centers on Commuting Times in the Atlanta Metropolitan Area, 1990.* In: SOUTHEASTERN GEOGRAPHER. 2, 2000, p. 225-233

VAN DER LAAN, L. *Changing Urban Systems: An Empirical Analysis at Two Spatial Levels.* In: REGIONAL STUDIES. 32, 1998, 235-247

WACHS, M; y TAYLOR, B. D. *The changing commute: A case-study of the jobs-housing relationship over time.* In: URBAN STUDIES. 30, 1993, p. 1711

WHITE, M. *Location Choice and Commuting Behavior in Cities with Decentralized Employment.* In: JOURNAL OF URBAN ECONOMIES. 24, 1988, p. 129-152

¿Cuán policéntricas son nuestras ciudades? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España

Carlos MARMOLEJO DUARTE (1) & Nancy RUIZ ESTUPIÑÁN (2)
& Moira TORNÉS FERNÁNDEZ (2)

(1) Profesor Titular e investigador

(2) Doctorandas en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica e investigadoras en formación.
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I ETSAB CPSV-UPC.

RESUMEN: En España el debate sobre la estructura urbana se ha centrado fundamentalmente en el estudio de la polinucleación, es decir, en la identificación de subcentros, la caracterización demográfica/económica de los mismos y el estudio de su influencia sobre su entorno. Sin embargo, poca o nula atención se ha puesto a lo que parece fundamental en el estudio de las metrópolis contemporáneas: el análisis de la intervenculación de los subcentros. En este artículo utilizamos el indicador de policentricidad propuesto por Nick GREEN para analizar, a partir de datos de movilidad laboral, el funcionamiento en red de las principales áreas metropolitanas españolas. A partir de dicho indicador, y de los obtenidos en trabajos anteriores sobre polinucleación, intentamos aunarlos para sentar las bases de una medida integrada de policentrismo. Los resultados sugieren que cuanto mayor es la polinucleación, mayor resulta el nivel de policentricidad, a excepción del área metropolitana de Málaga que es más polinucleada que policéntrica en términos funcionales. Asimismo, se destaca que las relaciones orbitales relevantes (subcentro-subcentro) son una rareza presente en áreas como Bilbao, y sobre todo, Barcelona. Los modelos de regresión realizados para descubrir los factores que están detrás del nivel de intervenculación de las zonas, ponen de relieve el importante papel que sobre la movilidad origina la falta de coordinación urbanística en la provisión de vivienda y empleo acorde al perfil socioprofesional de las personas.

DESCRIPTORES: Policentrismo. Nueva economía urbana. Estructura metropolitana. Áreas urbanas españolas.

Recibido: 29.01.2015; Revisado: 20.05.2015.
Correo electrónico: carlos.marmolejo@upc.edu;
moiratornes@gmail.com; nancyruiz@gmail.com.
Los autores quieren agradecer expresamente las críticas recibidas durante el proceso de arbitraje externo, las cua-

les, sin duda, ha coadyuvado a mejorar este trabajo. Asimismo, al Ministerio de Ciencia y Educación las subvenciones recibidas para la realización de las investigaciones de las que se deriva este trabajo CSO 2009-07218 y CSO 2012-33441.

1. Introducción

La promoción del policentrismo se ha convertido en la piedra angular de casi todas las políticas territoriales, incluida la europea. La Estrategia Territorial Europea (ETE) de 1999 ha venido a consagrarlo como una herramienta de equilibrio y desarrollo territorial de las regiones periféricas. Desde una perspectiva ambiental, el policentrismo es visto por la política territorial como una oportunidad para reducir el consumo del suelo y de la movilidad, desde una perspectiva social, como un instrumento para potenciar la cohesión en tejidos compactos y diversos, y desde una perspectiva económica, se considera fundamental para activar las economías de aglomeración dentro de los núcleos diversos y las economías-red entre núcleos especializados (BOIX & TRULLÉN, 2012), por esta razón, la ETE confía en este paradigma de organización territorial como una plataforma para la competencia global.

Si bien el debate normativo ha sido prolífico, pocos esfuerzos se han puesto en intentar clarificar el concepto de policentrismo: «*at the same time the Babel-Like confusión surrounding the concept impedes academic progress*» (BURGER & MEIJERS, 2012: 1127). Con todo y que el policentrismo ha sido visto desde diferentes ángulos, es el morfológico, basado en la densidad y su distribución espacial a través de la formación de núcleos densos de empleo, el enfoque dominante. En esta variante, también llamada polinucleación, el interés se centra en estudiar cuán equilibrada es la distribución de la población y el empleo en los diferentes núcleos (y sus periferias). Aunque también diferentes esfuerzos se han centrado en la identificación de nodos en redes más complejas de interacción urbana. En esta segunda dimensión relacional, el interés se ha centrado más en la pluralidad de las conexiones que se establecen entre los núcleos (ESPON 1.1.1, 2004; DE GOEI & *al.*, 2010).

En España la discusión del policentrismo ha ido en la misma línea que la internacional, y la mayor parte de los trabajos empíricos aparecidos en el decurso de la última década se han centrado exclusiva o mayoritariamente, en la mensuración de la polinucleación (y en menor medida, en el estudio de los efectos de los subcentros en su entorno). Para dichos propósitos, se han utilizado las dos grandes familias de identificación de subcentros: la morfológica, basada en el análisis de la densidad de empleo y población, y la funcional, en flujos residencia-trabajo (UREÑA & *al.*, 2013). Como es natural, los trabajos se han centrado en el estudio de

las grandes áreas urbanas al ser éstas propicias, por su tamaño (por ejemplo, existencia de economías y deseconomías de aglomeración) y sus procesos históricos de conformación, para la existencia de más de un centro, si bien algún estudio ha abordado ámbitos territoriales con una densidad de población menor.

El trabajo pionero de MUÑIZ & *al.* (2003) importó por vez primera los métodos paramétricos de identificación de subcentros de empleo a través del uso de *splines*, cuya mayor flexibilidad funcional permitió adaptar la técnica, concebida para ciudades norteamericanas, a la realidad de las metrópolis mediterráneas, caracterizadas por centros vívidos, densos cinturones obreros y antiguos centros independientes integrados como subcentros. A ese trabajo siguió el de GARCÍA-LÓPEZ (2007) sobre los núcleos industriales, y el de RUIZ & MARMOLEJO (2008) construido sobre la densidad de compradores derivada de los flujos con propósitos de compra de la encuesta de movilidad cotidiana. Los trabajos posteriores de MUÑIZ & GARCÍA-LÓPEZ (2008), GARCÍA-LÓPEZ & MUÑIZ (2010) y GARCÍA-LÓPEZ (2010), se centraron en la utilización de técnicas econométricas más refinadas. Original, por cuanto a la información y forma de procesamiento utilizada, resultó el trabajo de MARMOLEJO & CERDA (2012), quienes a partir del análisis de los microdatos de la encuesta de movilidad cotidiana, lograron computar el tiempo que las personas participantes destinan a cada una de las actividades registradas, y con ello, construyeron lo que denominaron «densidad-tiempo», un indicador que da cuenta de la intensidad de utilización del territorio, y por ende, permite detectar subcentros, al tiempo que mensura la diversidad en su uso. No es de extrañar que todos estos trabajos seminales se hayan realizado en el ámbito metropolitano de Barcelona cuya estructura polinucleada resulta, a simple vista, evidente.

Madrid, tampoco se ha quedado rezagada en el estudio de su polinucleación. En la capital española destacan los trabajos de GALLO & *al.* (2010) o GALLO & GARRIDO (2012), basado el primero, al igual que todos los anteriormente citados, en el análisis de la densidad de empleo, y el segundo, en una creativa fuente de información: los flujos residencia-trabajo derivados de los registros de los afiliados a la Seguridad Social. Este segundo trabajo, junto al de SOLÍS & *al.* (2012), se afilia a la segunda familia de identificación de núcleos basada, no en el análisis morfológico, sino en el funcional. Otros enfoques metodológicos más cualitativos han sido llevados a cabo por SOLÍS & *al.* (2013) para la caracterización de los elemen-

tos que componen el sistema polinucleado de Madrid. Los autores destacan la importancia de reconocer y estudiar el fenómeno del policentrismo desde la óptica de la dimensión multinivel de organización territorial. Bajo esta premisa, se reconocen las diferentes trayectorias de importancia administrativa, económica o metropolitana de las ciudades en un entorno policéntrico, tipificando las ciudades intermedias según su formación satélite-suburbial industrial, satélite-suburbial de servicios o satélite-suburbial mixta.

Pionero en el análisis funcional en nuestro país, es el trabajo de TRULLÉN & BOIX (2000), quienes seguramente inspirados en la experiencia italiana (CAMAGNI, 1994) con el concurso de algoritmos gravitatorios, detectaron núcleos complementarios entre sí. Félix Pillet y su equipo (PILLET & *al.*, 2010), utilizaron flujos de población vinculada (trabajo, estudios, segunda residencia) para detectar a escala regional núcleos de estructuración territorial en Castilla-La Mancha. FERIA (2008 y 2010) construyó su propia metodología para identificar áreas funcionales con dobles umbrales de número mínimo de flujos laborales e importancia relativa en función del tamaño del municipio emisor; y FERIA & ALBERTOS (2010) introdujeron las migraciones intraurbanas como elemento de vinculación territorial. Dentro de esta misma familia de identificación de núcleos se inscribe el trabajo de ROCA & *al.* (2009, 2011 y 2012) basado en el análisis de los flujos, cuya principal novedad radica en un proceso de identificación de abajo-hacia-arriba, según el cual, las zonas se unen entre sí en función de su vinculación bidireccional, y luego, se identifica el núcleo como aquél que mayor relación guarda con las demás: es decir, primero se identifica el *hinterland* y luego el núcleo que lo cohesiona.

La polinucleación, identificada con criterios morfológicos o funcionales, ha sido, como se ha visto, el derrotero que ha seguido la mayor parte de estudios en nuestro país, relegando algo que parece evidente: las partes constituyentes de un sistema territorial deben interactuar entre sí para ser considerado como tal. Como indican UREÑA & *al.* (2013):

«Se considera policentrismo a algo más que la presencia de varios polos/centros en un sistema difundido de asentamientos, debiendo existir in-

terdependencias relevantes entre dichos polos/centros junto con una capacidad de influencia en su entorno».

Precisamente en esta línea se inscribe el presente trabajo, en el cual se intenta:

1. Identificar la estructura urbana, entendida ésta como el nivel de *polinucleación*, y por tanto, la configuración de las áreas metropolitanas compuestas por diferentes subsistemas urbanos, cada uno liderado por un núcleo o subcentro¹.
2. Mensurar el nivel de intervencionalidad funcional o *policentricidad* entre los diferentes subsistemas constituyentes de un área metropolitana.
3. Aunar la polinucleación y policentricidad para sentar las bases de una medida integrada de policentrismo.

Se parte de la tesis de que un sistema urbano policéntrico es aquél estructurado en varios (poli) centros que interactúan, tanto con su entorno inmediato (formando subsistemas) como entre ellos (estableciendo relaciones de complementariedad). No basta, por tanto, que haya múltiples núcleos, sino que también es necesario que exista una evidente relación entre los mismos, para alcanzar los objetivos perseguidos por la política territorial.

Asimismo, el objetivo ulterior consiste en:

4. Identificar el papel que juegan los factores urbanísticos, el mercado de trabajo y las infraestructuras, en la intervencionalidad funcional de estos territorios.

El resto del artículo se estructura de la siguiente forma: en la segunda parte, se revisan las principales tradiciones en el estudio empírico del policentrismo; seguidamente, se discuten los métodos que intentan superar la mensuración de la polinucleación para llegar a la policentricidad funcional; como cuarto punto, se explicita la metodología, los datos y los casos de estudio; en la quinta y sexta parte, se discuten, respectivamente, los resultados de los análisis emprendidos en relación a la mensuración del policentrismo y de los factores que subyacen en la explicación de la policentricidad; y finalmente en las conclusiones, se pone en perspectiva el trabajo realizado.

¹ Aunque parece reduccionista y pudiera pensarse que en un mismo subsistema urbano, de los muchos que conforman las áreas metropolitanas, pueden coexistir más de un subcentro, en la práctica, la metodología utilizada en este artículo, y que se describe más adelante, previene este

hecho. De manera que en una primera iteración, los subsistemas tienen un núcleo predominante que los estructura, si bien, si se indaga un poco, pueden aparecer municipios con un poder estructurante subsidiario que eventualmente, podrían ser núcleos de segundo orden.

2. Las tradiciones en el estudio de la polinucleación

Dejando de lado los estudios teóricos e históricos sobre las razones que explican la existencia de paisajes policéntricos (ver una revisión de los mismos en MARMOLEJO & *al.*, 2012), la literatura empírica del policentrismo ha forjado dos tradiciones de estudio claramente diferenciadas: una basada en la identificación de subcentros o núcleos, y otra basada en la caracterización de las estructuras territoriales a partir del análisis del número, disposición espacial e importancia de los núcleos, y por tanto, centrada en la caracterización de la polinucleación.

2.1. La identificación de subcentros

Esta tradición de estudios empíricos se ha subdividido, a su vez, en una corriente basada en el análisis morfológico, y otra en la identificación de nodos dentro de una red, y por ende, funcional.

Quizá por facilidad, a escala territorial, y por su coherencia con la teoría fundacional de la economía urbana en la escala urbana, el análisis de la densidad (morfológico) ha sido el más utilizado en la caracterización de la estructura territorial y urbana.

Desde una perspectiva territorial, se ha entendido que el tamaño y densidad de los centros urbanos es significativo de la cantidad de equipamientos, servicios especializados e infraestructuras que generan tensiones territoriales que dotan a dichos centros de un carácter polarizador (PILLET & *al.*, 2010). Se podría decir que estos métodos se afilian a una postura *christalleriana*² claramente emparentada con la teoría del lugar central, la cual asume que los centros menores quedan necesariamente relegados a un plano subsidiario como puntos de provisión de servicios menos especializados, cuya demanda es más elástica, y por tanto, su *hinterland* menos extenso que aquél que generan los lugares centrales.

En cambio, desde una perspectiva urbana según la teoría de renta ofertada (O'SULLIVAN,

2011), la densidad está directamente correlacionada con la renta del suelo y, ésta a su vez, con el nivel de accesibilidad, entre otras cosas. De manera que cuanto mayor es la centralidad, mayor es el ahorro en costes de transporte, y por ende, mayor la disponibilidad a pagar por el suelo y, en consecuencia, la densidad edificada incrementa. Dicha teoría asume que los promotores inmobiliarios, basados en el principio de sustitución, para edificar una misma superficie de techo en zonas centrales en donde el suelo es caro, sustituyen el consumo de éste, por edificación en altura. De manera que, a pesar de que dicho tipo de edificación encarece sensiblemente su coste unitario (a partir de cierto número de plantas), el ahorro en el suelo no consumido es mucho mayor. En cambio, en las localizaciones periféricas, en donde el suelo es más barato, dicha compensación no ocurre, y por tanto, la configuración más ventajosa es la edificación horizontal. El proceso anterior acaba produciendo un gradiente de densidad (MILLS & HAMILTON, 1984), en donde los picos evidencian la existencia de centralidades. Sobre la base de este razonamiento ha aparecido una plétora de métodos de identificación de subcentros, en donde los más sofisticados identifican como núcleos a aquellas zonas con una densidad anormalmente mayor en relación a su posición respecto al centro del sistema urbano, y para ello, se basan en modelos econométricos espaciales (ver FIG.1)³.

La familia de métodos de identificación de subcentros basados en criterios funcionales es mucho más pequeña y está relacionada con la teoría de las redes de ciudades (BERRY, 1964; PRED, 1977; DEMATTEIS, 1985), contrapuesta, hasta cierto punto, a la del lugar central, en cuanto a que las relaciones jerárquicas quedan opacadas por la coexistencia de relaciones horizontales de complementariedad. Los métodos afiliados a estas metodologías, resumidos en la FIG.1, identifican como nodos aquellas zonas cuyas relaciones con el resto del territorio son capaces de darle cohesión y estructura, y para ello, se basan en análisis cuantitativos de los flujos, generalmente laborales, entre las diferentes zonas. Una de las ventajas de esta segunda familia de métodos es que los flujos parecen adaptarse mejor a los cambios en las dinámicas urbanas en relación a la densidad.

² De hecho, el trabajo de CHRISTALLER (1933) es más profundo que lo aquí dicho, puesto que distingue entre el concepto de centralidad y nodalidad. El primero, es la importancia del lugar en función de su capacidad de exportar bienes y servicios al *hinterland*, mientras que el segundo, está relacionado con la importancia derivada del consumo interno de la propia población del lugar. Sin embargo, con

el paso del tiempo, dicha distinción se ha ido simplificando hasta converger en la agregación de ambos conceptos en uno.

³ Para un análisis del estado del arte en este sentido pueden revisarse las revisiones recientes de BOIX & TRULLÉN (2012); MARMOLEJO & CERDA (2011); MARMOLEJO & *al.* (2013).

FIG. 1/ Síntesis del estado del arte en la identificación de núcleos

Identificación de núcleos basados en la densidad		
Subgrupo	Criterio	Principales aplicaciones
Identificación de picos de empleo	Identificación de zonas con densidades de empleo significativamente diferentes a las de su entorno.	MCDONALD (1987); GORDON, RICHARDSON & WONG (1986); MCDONALD & MCMILLEN (1990); CRAIG & NG (2001)
Umbrales	Identificación de la zona que superan simultáneamente un umbral de masa crítica y otro de densidad, en ambos casos de empleo.	GIULIANO & SMALL (1991); CERVERO & WU (1997); MCMILLEN & MCDONALD (1997); BOGART & FERRY (1999); ANDERSON & BOGART (2001); SHEAMUR & COFFEY (2002); HALL & PAIN (2006); GIULIANO & READFEARN (2007); GARCÍA-LÓPEZ (2007, 2008); MUÑIZ & GARCÍA-LÓPEZ (2009); GALLO, GARRIDO & VIVAR (2010)
Paramétrico	Identificación de zonas con residuos significativamente positivos en un modelo en donde la variable explicada es la densidad de empleo y la explicativa es la distancia al centro principal.	MCDONALD & PRAHTER (1994); RUIZ & MARMOLEJO (2008); ROCA, MARMOLEJO & MOIX (2009); AGUIRRE & MARMOLEJO (2010)
No paramétrico	Como el anterior, pero considerando las especificidades locales del espacio bidimensional mediante el uso de la regresión geográficamente ponderada.	MCMILLEN (2001a); CRAIG & NG (2001); RADFEARN (2007); SUÁREZ & DELGADO (2009)
Identificación de núcleos basados en la densidad		
Grupo	Criterio	Principales aportaciones/aplicaciones
Raio viajes/empleo	Identificación de áreas que atraen significativamente más viajes que otras una vez controlado el número de empleos.	GORDON, RICHARDSON & GIULIANO (1986); GORDON & RICHARDSON (1996)
Modelos de interacción espacial	Identificación de áreas cuyos flujos atraídos son superiores a los predichos por un modelo gravitatorio que controla la masa de la zona atractora y emisora y la distancia que las separa.	CAMAGNI (1994); TRULLEN & BOIX (2000)
Subsistemas	Identificación de las zonas que estructuran subsistemas funcionales, entendidos por éstos el conjunto de zonas unidas por altos valores de interacción (VI). El VI es la fuerza de unión bidireccional entre dos zonas calculada a partir de los flujos entre ellas una vez controlada su masa.	ROCA & MOIX (2005); ROCA, MARMOLEJO & MOIX (2009); ROCA, ARELLANO & MOIX (2011)

Fuente: elaboración propia con base en UREÑA & *al.* (2013).

La ciudad, es sobre todo, capital fijado, y por tanto, tremendamente inelástica en cuanto a su adaptación formal a los continuos cambios sociales, hecho, si cabe, reforzado por el planeamiento urbanístico (ROCA, 1988) y por la justificada necesidad de preservar nuestro patrimonio edificado. En definitiva, parece evidente que la densidad es más rígida que no la movilidad de las personas.

El principal problema de ambas aproximaciones ha sido su progresiva incapacidad para explicar la aparición de sistemas polinucleados (ANAS & *al.*, 1998), ya que ambas fueron concebidas en un escenario minimalista, que más por sencillez, que no por adecuación a la realidad, asumieron la existencia de un sistema monocéntrico, tanto a escala territorial como urbana. Ante este nuevo paradigma, la con-

ceptualización de las economías de desaglomeración (por ejemplo, costes de congestión), antagónicas de aquéllas de aglomeración, ha permitido, desde la así llamada «Nueva Economía Urbana», explicar con relativa sencillez la compatibilidad entre la teoría de la renta ofertada y la aparición de subcentros. Es decir, la aparición de paisajes polinucleados y dispersos, en donde el centro original pierde fuelle ante una periferia más potente en un proceso de descentralización estudiado seminalmente a escala metropolitana por VAN DEN BERG (1982) y HALL (1984). Sin embargo, la polinucleación no sólo proviene de procesos de descentralización, sino también de expansión de antiguos núcleos independientes (CHAMPION, 2001). Efectivamente, el abaratamiento de los costes de transporte (por ejemplo, la reducción del consumo energético y temporal) favorecido por la innovación tecnológica, ha permitido la fusión de mercados de trabajo (y de consumo de bienes y servicios) antiguamente independientes, a través de su expansión espacial.

2.2. La caracterización de la polinucleación

Una vez identificados los subcentros, el camino natural hacia la caracterización de los sistemas urbanos pasa por la mensuración del nivel de polinucleación o multicentricidad. En dicho camino, la «topografía», es decir, el número de núcleos, su importancia relativa como concentraciones demográficas o económicas, y su distribución espacial, son paradas obligatorias. Estas variables permiten dictaminar el nivel de polinucleación de acuerdo con algunas características paradigmáticas de los sistemas policéntricos:

- KLOOSTERMAN & MUSTERD (2001) han señalado que un sistema policéntrico debe estar basado en un conjunto de ciudades con trayectorias históricas distintas, en donde no existe ninguna dominante, y todas ellas tienen un tamaño similar.
- PARR (2004) añade la necesidad de que dichos núcleos estén espaciados entre sí, y por tanto, que tengan una distribución espacial con intersticios territoriales de por medio.
- SPIEKERMANN & WEGENER (2004) señalan que la relación entre el rango-tamaño debe seguir una función semilogarítmica, en donde la horizontal es significativa de núcleos de igual tamaño, y por ende, equipotenciales. Aproximación, ésta, claramente alineada a la tradición *zipfiana*.

Así, siguiendo a dichos autores, un paisaje utópicamente polinucleado, debería ser aquél configurado por un conjunto de centros, dispuestos de una forma uniforme en el territorio, en el cual no puedan adivinarse con facilidad las relaciones de jerarquía en virtud de su importancia como centros de concentración demográfica o económica. En esta línea, y más específicamente en la mensuración de la polinucleación basada en la Ley de Zipf, se han inscrito trabajos como los del proyecto POLYNET (HALL & PAIN, 2006), MEIJERS (2008), BURGER & MEIJERS (2012); u otros basados en la complejidad de la distribución de las variables demográficas/económicas entre las zonas constituyentes de los sistemas urbanos como los de ROCA & *al.* (2011) o MASIP & ROCA (2012); o aquéllos incluso basados en la distribución espacial de los núcleos como los trabajos de TSAI (2005) o del proyecto ESPON 1.1.1 (2004).

Publicaciones recientes en el campo del policentrismo proponen la cualificación de la polinucleación del área metropolitana de Madrid siguiendo criterios novedosos. MARTÍNEZ & *al.* (2014) proponen una metodología para identificar ciudades-límite mediante la combinación de tres indicadores de accesibilidad de la red vial: la medida del contorno, la accesibilidad potencial a las redes urbanas, y la evaluación de la competencia. El resultado es la caracterización de los polos de desarrollo en cuanto al balance en la atracción y emisión de empleo y residentes. Por su parte, SOLÍS & *al.* (2014) proponen una distinción entre las ciudades metropolitanas con un papel tradicional en la intermediación y las ciudades intermediarias metropolitanas con altas concentraciones de servicios avanzados para la producción (APS por sus siglas en inglés). Finalmente, ROMERO & *al.* (2014) toman en cuenta la siguiente tipología: grandes metrópolis, nuevos centros de empleo (suburbanización intrametropolitana), y ciudades históricamente administrativas (articulación suprametropolitana); encontrando una selectiva aglomeración espacial de los servicios empresariales intensivos en conocimiento (KIBS) propiciada por la proximidad a la metrópolis, y en segunda medida, por las condiciones económicas y estructurales de ciertas ciudades en la escala suprametropolitana.

Otros enfoques de corte cualitativo han sido utilizados para la caracterización de casos de polinucleación más incipientes en diferentes áreas metropolitanas españolas. Es el caso de RODRÍGUEZ & CARRERO (2013) para Ciudad Astur, en torno a la ciudad asturiana de Oviedo; DE COS & DE MEER (2013) para el conjun-

to cantábrico Santander-Torrelavega; DE LAS RIVAS & *al.* (2013) para el Corredor del Pisuerga entre las ciudades de Valladolid y Palencia; FONT (2013) en el ámbito del Camp de Tarragona; y MARTÍN & *al.* (2013) para la estructura de integración fronteriza «eurociudad vasca», entre la ciudad española de San Sebastián y la ciudad francesa de Bayona.

3. La medición de la policentricidad

En un intento por superar los indicadores estrictamente formales y/o cualitativos orientados a la mensuración de la polinucleación, ha aparecido una literatura especializada en el estudio de las relaciones entre los núcleos, y por tanto, encaminada a la mensuración de la policentricidad. En este sentido, cuanto más diversa (por ejemplo, multidireccional), bidireccional (por ejemplo, recíproca) y densa (por ejemplo, complementaria o no autocontenida/autosuficiente) es la red de flujos, mayor es la policentricidad. Dicha conceptualización de la policentricidad resulta más próxima al concepto de policentrismo de la Estrategia Territorial Europea (ETE), el cual presupone que este tipo de desarrollo refuerza la economía propia de los núcleos a través de la habilitación de economías-red (BOIX & TRULLÉN, 2012), complementarias a las de aglomeración presentes en el seno de las concentraciones de actividad económica.

Algunos autores como BOIX (2002); LIMTANAKOOL & *al.* (2007 y 2009); BURGER & MEIJERS (2012); GALLO & GARRIDO, (2012), o VIÑUELA & *al.* (2012), se han centrado en la construcción de indicadores basados en los flujos, tales como los índices de centralidad interna, interacción relativa, dominancia, entropía de los flujos y simetría. Otros, han controlado el tamaño de los centros y su separación mediante modelos de interacción espacial como el trabajo de GOEI & *al.* (2010). Dicho esfuerzo ha pretendido, por tanto, superar la simplificación de las aproximaciones morfológicas en las que la interacción entre las partes se da por asumida, aunque en absoluto está garantizada, ni siquiera por la proximidad, ya que dos zonas autosuficientes en la provisión de cualquier servicio, no entran en interacción entre sí por muy cerca que esté una de la otra, como de hecho lo han comprobado empíricamente LAMBOOY (1998) y ALBRECHTS (2001). Más en el fondo aún, una distribución espacial de núcleos balanceados, por lo que a su tamaño se refiere, no implica la existencia de una pluralidad de conexiones entre ellos (BURGER & MEIJERS, 2012).

Dentro de esta familia de indicadores basados en flujos, destaca la aportación de GREEN (2004, 2005 y 2007), quien recupera la teoría de grafos utilizada en geografía (HAGGET, 1965; CHORLEY & HAGGETT, 1967, y TINKLER, 1977), según la cual las regiones pueden entenderse conformadas por ciudades que hacen las veces de nodos en una red cuyos vértices permiten establecer relaciones de complementariedad de personas, materia, energía e información. Dicha conceptualización permite incorporar:

- a) Aspectos de la topografía de la región (por ejemplo, el número de los nodos o zonas) y.
- b) El nivel de intervencionalidad (diversidad, bidireccionalidad y complementariedad).

Por tanto, Green entiende que éste es el marco adecuado para analizar lo que denomina «policentricidad funcional». De manera que diferentes topografías (posición de los nodos o zonas), pueden tener la misma topología (forma e intensidad de conexión entre ellos), lo cual resulta de enorme utilidad cuando el indicador derivado se utiliza para comparar sistemas urbanos con condiciones territoriales distintas o de escala diferente como ocurre en este artículo.

Como todo sistema, el número de intervenciones puede ser importante y la dificultad de implementación del indicador de policentricidad funcional estriba no tanto en la complejidad de cálculo, sino sobre todo, en la falta de información. Así, la intervencionalidad podría medirse mediante flujos financieros, correos electrónicos, compras *on line*, llamadas telefónicas, flujos de compradores, viajes por motivos de ocio, de servicios médicos o para visitar amistades, y naturalmente, de tipo laboral.

Para Green (*op. cit*) basta que haya más de un nodo o zona en el sistema, y que existan enlaces de intervencionalidad, para que se pueda calcular la policentricidad funcional. El desarrollo teórico del índice de policentricidad funcional puede consultarse en las publicaciones originales (HALL & PAIN, 2006; GREEN, 2007), aquí simplemente nos limitaremos a decir que los pasos que implica su cálculo, en el caso de la movilidad laboral, son los siguientes:

1. En primer lugar se calcula la densidad de interacción de la red en términos de *commuting* Δ_c de la siguiente manera:

$$\Delta_c = \frac{L}{L_{\text{máx}}} \quad (1)$$

donde L es el número total de flujos o movimientos de personas ocupadas entre los distintos nodos/zonas en el sistema urbano (área metropolitana en nuestro caso); y $L_{\text{máx}}$ es la diferencia entre el total de la población que trabaja en el sistema y la población ocupada residente (POR) de la zona más pequeña⁴.

2. Con la densidad de la red anterior, se calcula el índice específico de policentricidad del *in-commuting* o de flujos de entrada a cada zona ($PSF-IC$) de la siguiente manera:

$$P_{SF-IC} = 1 - \frac{\sigma_{IC}}{\sigma_{IC \text{ máx}}} \Delta_c \quad (2)$$

donde σ_{IC} es la desviación estándar de los flujos de llegada de las zonas analizadas, mientras que $\sigma_{IC \text{ máx}}$ es la desviación estándar entre el mayor de los flujos de entrada y cero (puesto que se pone en referencia al grado nodal de la red más simple con dos nodos, en donde el primero adopta el valor de cero y el segundo el que más flujos de entrada recibe).

De idéntica manera se calcula el índice específico de policentricidad del *out-commuting* o flujos de salida ($PSF-OC$):

$$P_{SF-OC} = 1 - \frac{\sigma_{OC}}{\sigma_{OC \text{ máx}}} \Delta_c \quad (3)$$

3. A continuación, y como paso previo para calcular el índice general de policentricidad funcional, hace falta calcular un modificador de complementariedad ϕ (fi), puesto que el total de la POR equivale al total de los lugares de trabajo localizados (LTL), ya que sólo se tienen en cuenta los flujos que inician y terminan dentro del sistema metropolitano, y en consecuencia, los índices específicos resultan complementarios. Dicho modificador se calcula de la siguiente manera:

$$\phi = 1 - \sigma \left(\frac{\sigma_{OC}}{\sigma_{OC \text{ máx}}}, \frac{\sigma_{IC}}{\sigma_{IC \text{ máx}}} \right) \quad (4)$$

4. Como paso final, se calcula el índice general de policentricidad PGF (en sus siglas inglesas) a través de una media de los índices específicos de los flujos de entrada y salida ponderados en la medida que resultan complementarios de la siguiente manera:

$$P_{GF} = \frac{\phi \cdot P_{SF-IC} \cdot P_{SF-OC}}{2} \quad (5)$$

Nótese que el indicador se construye con los flujos entre las zonas, sin considerar aquéllos que se quedan dentro de ellas. Esto es coherente con el concepto primigenio christalleriano de centralidad y nodalidad. Para CHRISTALLER (1933), la centralidad de un lugar viene dada por la capacidad para atraer flujos (en su caso consumidores de bienes y servicios), mientras que la nodalidad por su capacidad para satisfacer la demanda interna, y por tanto, queda representada por quienes viven y consumen en la misma zona; si bien en la práctica la nodalidad se ha asimilado al tamaño del núcleo. Luego podría decirse, que un sistema paradigmáticamente polinuclear, sería aquél en donde el tamaño de los núcleos es similar y por tanto, ninguno domina morfológicamente, mientras que uno paradigmático en cuanto a su policentricidad, se caracterizaría por una red diversa, bidireccional y densa en la cual ningún centro monopoliza los flujos que recibe o emite (BURGER & MEIJERS, 2012).

Como se ve, a partir de su formulación matemática, el índice general de policentricidad funcional adopta valores comprendidos entre 0 y 1. Si se aproxima a cero, indica que el sistema tiende al monocentrismo funcional, con un centro importante en términos de empleo, y que además, monopoliza el destino de los flujos de trabajadores de otras zonas. Si el indicador se aproxima a la unidad, significa que el sistema tiende hacia la policentricidad funcional, puesto que existe un reparto más «democrático» o plural de los flujos entre las zonas, es decir, no hay zonas que dominen como destinos, ni otras que queden rezagadas y por ende aisladas.

HALL & PAIN (2006) han encontrado, a partir de flujos laborales, que dicho indicador va en la práctica de 0,02 a 0,19. En su investigación, basada en el análisis de la intervinculación de las Regiones Urbanas Funcionales (FUR por sus siglas en inglés) que conforman las ocho megaciudades regionales europeas estudiadas por ellos⁵, París es la menos intervinculada, mientras que RhineRuhr y el Randstad son las más intervinculadas y por tanto, las que más alto índice de policentricidad tienen, tal y como lo sugiere el sentido común.

⁴ Esto, en teoría, representa el número de personas del sistema que podrían viajar al municipio más pequeño, sin incluir su propia población.

⁵ Sureste de Inglaterra, La Región de París, Bélgica Central, Randstad, RhineRuhr, Rhine-Main, EMR Norte de Suiza y el Gran Dublín.

4. Metodología, casos de estudio y datos utilizados

Uno de los aspectos relevantes del cálculo de la policentricidad funcional es que las zonas cuya intervencionalidad se estudia deben ser semejantes y, por tanto, comparables entre sí.

«The important thing is that the nodes in the network under examination are of approximately the same scale. Thus, while it would therefore be possible in principle, to compare the polycentricity of a network of regional business links, the disparate nature of two such networks would actually make such a comparison all but meaningless» (GREEN, 2007: 2089).

Desafortunadamente, en el caso español, como en tantos otros, las unidades espaciales con las que los datos de movilidad están provistos no son comparables entre sí. Puesto que las dinámicas urbanas locales traspasan con claridad los límites municipales, especialmente en los continuos urbanos centrales, y en los corredores que se forman radialmente en las periferias metropolitanas a lo largo de depresiones y ejes viarios. Luego, un paso previo para poder analizar la policentricidad de nuestras ciudades estriba en encontrar las fronteras espaciales de dichos ámbitos locales. BURGER & MEIJERS (2012) utilizan en su estudio en los Países Bajos, ámbitos supralocales de prestación de servicios mancomunados. Solución que no parece en absoluto convincente, puesto que se basa en la voluntad política de establecer lazos de cooperación interadministrativa, a pesar de que en la práctica, según dichos autores, arroja entidades territoriales coherentes⁶.

Para solventar este escollo, en este artículo hemos utilizado el método de integración municipal basado en el valor de interacción propuesto por ROCA & al. (2012), ya que resulta muy adecuado a nuestros intereses porque:

1. se basa en el análisis de los flujos laborales por pares de municipios y por tanto, es coherente con la búsqueda de las fronteras de los sistemas locales;

2. considera las relaciones bidireccionales centro-periferia y consecuentemente es capaz de aprehender la complejidad de la movilidad contemporánea,
3. prescinde del establecimiento de umbrales arbitrarios de flujos en términos absolutos o relativos como suele ocurrir en la mayor parte de los métodos para detectar FUR.

Dicho método permite encontrar subsistemas urbanos dentro de las áreas metropolitanas tales que resulten autocontenidos en un 50%⁷, es decir, al menos la mitad de las personas ocupadas que viven en los municipios que los constituyen trabaja en algún municipio del mismo subsistema. Los autores explican cómo, a través del mismo valor de interacción calculado entre subsistemas, es posible encontrar áreas metropolitanas, y por coherencia, en este artículo así se han delimitado las ciudades reales de estudio.

Por tanto la metodología ha consistido en:

1. Detectar subsistemas funcionales mediante el método de ROCA & al. (*op. cit.*).
2. Detectar áreas metropolitanas como la integración de subsistemas funcionales tal como lo hacen MARMOLEJO & al. (2013).
3. Calcular el nivel de intervencionalidad funcional entre los diferentes subsistemas a través del indicador de policentricidad funcional de GREEN (2007).

Una vez calculado dicho indicador, los resultados han sido contrastados con aquéllos publicados por MARMOLEJO & al. (2012) por tal de comparar las diferencias entre la polinuclearización y la policentricidad de nuestros principales sistemas urbanos; y mediante el concurso de ambas, sentar las bases para la construcción de un indicador de policentrismo.

Es importante mencionar que el indicador de policentricidad funcional ha sido recalculado hacia el interior de cada subsistema funcional (partiendo del municipio como unidad de análisis) con el objetivo de analizar, mediante un modelo de regresión, los factores urbanísticos y territoriales que propician la intervencionalidad funcional.

⁶ Estudios más recientes, como el de REQUES & DE COS (2013), abordan la problemática de la definición y delimitación de los espacios urbanos y metropolitanos mediante la implementación de un gradiente rural-urbano, partiendo de la crítica al modelo binario, según el cual el espacio metropolitano se compone de dos estructuras antagónicas, y defendiendo que en cambio, éste se encuentra provisto de condiciones más complejas que lo llevan a soportar límites difusos entre el campo y la ciudad. El gradiente, calculado al nivel de las 61.578 entidades de población en

toda España, se alimenta de indicadores territoriales, demográficos, económicos y socioeducativos, y de su relación con el grado de urbanización (o ruralización).

⁷ Si se quiere, este es el único parámetro «administrativo» cuya variación podría hacer variar el tamaño de los subsistemas consolidados. Sin embargo, según sus autores, el 50% responde a un análisis de sensibilidad, cuyos resultados arrojan ámbitos que cualitativamente son considerados ciudades reales dentro de las metrópolis.

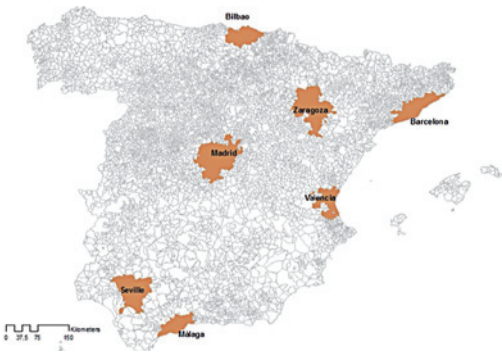
Las áreas de estudio son las que se recogen en la FIG. 2 y abarcan los grandes sistemas urbanos en España, con excepción del área metropolitana asturiana (Oviedo, Gijón y Avilés) y valenciana (Alicante y Elche), cuya población en ambos casos estaría por encima de la del sistema urbano de Málaga. Sin embargo, dichas ciudades no alcanzan a conformarse como áreas metropolitanas antes del valor de interacción 1/1.000, a diferencia de las siete áreas aquí analizadas⁸; aunque su inclusión en un estudio posterior sería interesante, puesto que su polinucleación no es una evolución de un estadio primigenio monocéntrico.

Las fuentes de información utilizadas son:

1. En términos demográficos y de movilidad obligada residencia-trabajo, el Censo de Población y Vivienda del año 2001⁹.
2. En términos de datos relacionados con el consumo y uso del suelo, el Corine Land Cover 2000.
3. En términos de infraestructuras, la red viaria de Tele Atlas del año 2001 y la red de estaciones y apeaderos de RENFE y otras operadoras regionales de servicios ferroviarios supramunicipales.
4. La matriz de distancia óptima entre municipios y subsistemas, calculada a partir de los datos del punto anterior con la ayuda de un SIG específico de transporte¹⁰.
5. El Modelo Digital del Terreno, con una resolución de 1 pixel = 80 × 80 metros, que ha permitido construir indicadores topográficos.

5. La polinucleación y la policentricidad en el sistema urbano español

Como se ha dicho, la mayor parte de los estudios del policentrismo en nuestro país se han centrado en el análisis de la polinucleación. Ya sea que los métodos de análisis se hayan ba-



	Municipios	Suelo artificializado (km²)	LTL	Población	Densidad global (LTL + POB/km²)
	a	b	c	=(b+c)/a	
Madrid	183	860	2.446.400	5.542.843	9.291
Barcelona	184	745	1.903.867	4.530.164	8.636
Valencia	104	308	686.247	1.792.375	8.046
Sevilla	52	237	447.849	1.381.531	7.719
Bilbao	123	112	445.666	1.231.367	15.024
Málaga	32	194	336.525	994.984	7.032
Zaragoza	88	127	301.860	724.335	8.066

FIG. 2/ Principales magnitudes de las áreas metropolitanas estudiadas

Fuente: MARMOLEJO & al. (2013).

sado en criterios morfológicos, como el análisis de los patrones espaciales de densidad de empleo, funcionales como la detección de nodos que tienen especial relevancia en la atracción de flujos, o cualitativos basados en los perfiles de los municipios, el destino común de dichos estudios ha sido la identificación del nivel de polinucleación.

Los datos de la FIG. 3 dejan ver que los sistemas más polinucleados, por lo que se refiere al número de núcleos y su importancia relativa en términos de concentración del empleo metropolitano, son, siguiendo el criterio funcional de identificación de subcentros, por este orden: Barcelona, Valencia, Bilbao, seguidos de

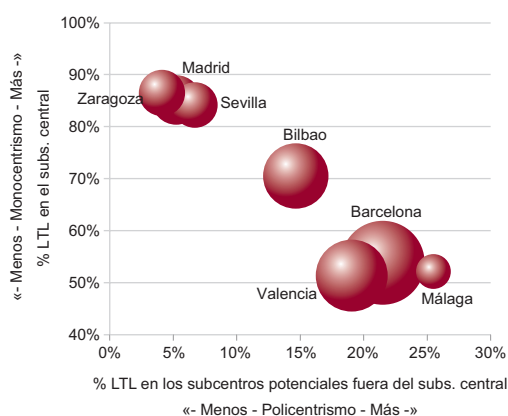
⁸ El procedimiento de consolidación de áreas metropolitanas a partir de subsistemas, consiste en la construcción de árboles jerárquicos, en donde los subsistemas se van uniendo entre sí en virtud del valor de interacción (VI) que los relaciona. De esta forma, todos los subsistemas de España siguen este proceso de integración, si se analiza dicho proceso mediante un gráfico de sedimentación es posible observar que entorno al VI 1/1.000 se alcanza una estabilización, es decir, la integración de nuevos subsistemas requiere de muchas más iteraciones a las que previamente se habían requerido antes de dicho umbral. Precisamente por esta razón, se delimitan de esta forma las áreas metropolitanas estudiadas aquí, que resultan ser 7

y no más, y con la exacta extensión territorial con la que se presentan. Ahora bien, el árbol jerárquico hispano está naturalmente encabezado por el sistema funcional de Madrid y abarca el conjunto de subsistemas que cubren todo el territorio español.
⁹ No hemos considerado conveniente la inclusión del Censo del 2011, ya que su naturaleza de encuesta, y no de censo, no permite comparar las matrices de movilidad laboral, máxime cuando se incluyen municipios muy pequeños.
¹⁰ En concreto se ha utilizado TransCAD como vía para identificar los recorridos viarios que minimizan el tiempo de viaje entre los diferentes núcleos poblacionales, teniendo en cuenta la densidad de la red.

lejos por Madrid, Sevilla y Zaragoza¹¹. Málaga es un caso muy especial, porque teniendo pocos núcleos, estos concentran una significativa cantidad de actividad económica, con lo que dicha metrópoli tendería más hacia la equipotencialidad, debido a la presencia de importantes núcleos terciarios como Marbella y servoindustriales como Torremolinos o Fuengirola que rivalizan con la ciudad central.

Sin embargo, la polinucleación también puede analizarse desde otra lectura referida al peso del subsistema central¹², en tanto que un sistema urbano macrocefálico tendría una parte importante del empleo en su centro, relegando al resto de los subcentros a un papel secundario. En este orden de ideas, es posible ordenar los sistemas urbanos en función de la importancia relativa de su centro principal, a resultados de lo cual, Zaragoza sería el sistema más macrocefálico, seguido de Madrid y Sevilla; en un segundo grupo estarían Bilbao, Barcelona, Málaga y Valencia, que sería aquel con un centro menos importante en relación al conjunto metropolitano.

Si ambas formas de leer la estructura urbana se ordenan en un plano cartesiano emerge la imagen de la FIG. 3, en donde con meridiana claridad se observan dos familias de sistemas metropolitanos. La primera, formada por Zaragoza, Madrid y Sevilla, en las cuales el centro tiende a dominar en detrimento del número y peso específico de los subcentros, y la segunda, conformada por Barcelona, Valencia, Bilbao y Málaga, en la cual ocurre exactamente lo contrario, el centro tiene una menor entidad, frente a un mayor número de núcleos y peso económico de los mismos. Empero no puede decirse que la polinucleación sea perfecta o equipotencial, puesto que en el mejor de los casos, como en Valencia, el centro más pequeño computa por el 47% de la actividad económica frente al 1,16% del peso específico de cada uno de sus subcentros de media.



El tamaño de la esfera es significativo del número de subcentros.

Metrópoli	LTL	LTL en el subs. central (%)	Polinucleación		
			Subcentros potenciales fuera del subs. central	LTL en subcentros potenciales fuera del subs. central (%)	Población en subcentros potenciales fuera del subs. central (%)
Madrid	2.446	85%	8	5%	6%
Barcelona	1.904	54%	23	21%	22%
Valencia	689	52%	17	19%	19%
Sevilla	448	84%	7	7%	9%
Bilbao	438	71%	14	15%	15%
Zaragoza	302	87%	7	4%	4%
Málaga	367	52%	4	25%	16%

FIG. 3/ Nivel de polinucleación de los sistemas urbanos en España 2001

LTL= lugares de trabajo localizado en miles de personas.

Fuente: Adaptado de MARMOLEJO & al. (2013).

Por tanto, el paradigma equipotencial continua siendo de momento una utopía en el sistema urbano español, denotando nuestras metrópolis un fuerte componente monocéntrico, o al menos, rastros de la unión de centros originalmente independientes, que gracias al incremento y expansión espacial de la movilidad, se han integrado entre sí en el decurso de las últimas décadas. La polinucleación es, en definitiva, un fenómeno incipiente, y más anclado en

¹¹ Los subsistemas funcionales utilizados en el presente estudio, y que se pueden visualizar en la FIG. 7, fueron tomados del trabajo de ROCA & al. (2012). Al respecto, es importante percatarse de que el subsistema central reúne, en el caso de Madrid, los 75 municipios más cercanos y con quienes por supuesto, mantiene las relaciones funcionales bidireccionales más intensas. Éste concentra el 85% de los LTL del sistema metropolitano y contiene entre otros, a los municipios de Alcobendas, Pozuelo de Alarcón, Getafe, Las Rozas de Madrid, San Sebastián de los Reyes, Leganés, Tres Cantos, Coslada, Fuenlabrada, Alcorcón y Móstoles. Si estos municipios se analizasen desde una perspectiva estrictamente morfológica, o únicamente observando el porcentaje de trabajadores que atraen, podrían emerger en algunos casos como subcentros, como de hecho ocurre en el trabajo de MARMOLEJO & al. (2013b). A manera de contraste, el subsistema cen-

tral de Barcelona agrupa tan sólo 18 municipios con el 54% de los LTL de todo el sistema metropolitano, dando claros indicios de macrocefalia ejercida por el subsistema central sobre el conjunto de su sistema metropolitano, sobrepasado ampliamente por el subsistema de la capital española sobre el suyo. En ambos casos, como es bien sabido, el municipio central es fruto de la agregación de entidades administrativas independientes en su pasado inmediato. Más en el caso de Madrid que de Barcelona, aunque en esta última no se debe olvidar que el municipio original, antes de 1714, ocupaba todo el llano prelitoral, equivalente a una veintena de los actuales municipios.

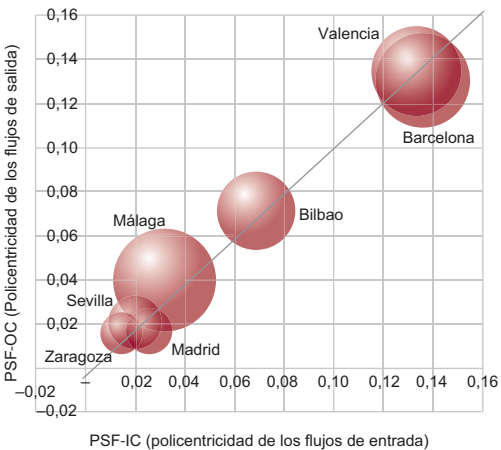
¹² El subsistema central es el área que agrupa a los municipios vinculados funcionalmente con el municipio capital de cada área metropolitana, y que se consolida en los términos de ROCA & al. (2012) (contigüidad física y autocontención >50%).

la integración de centros preexistentes que en la aparición de nuevos como fruto del proceso de descentralización espontánea o planificada como ha sido discutido por CHAMPION (2001)¹³, aunque algunos de los subcentros identificados pueden considerarse claramente emergentes¹⁴.

Resulta interesante observar cómo el tamaño del sistema metropolitano tiene poca o nula influencia en el número de núcleos, puesto que Madrid y Barcelona, que son muy similares en cuanto a su población y número de municipios, se encuentran en extremos opuestos, tanto como Málaga en relación a Zaragoza. En cambio, la matriz territorial sobre la que descansan los sistemas urbanos parece tener una influencia en la polinucleación, como resulta evidente en el caso de Barcelona y Bilbao, en donde los núcleos siguen los valles o se distribuyen a lo largo de las cuencas hídricas.

Hasta ahora se ha analizado la estructura formal, aunque con criterios de delimitación funcional, de los principales sistemas urbanos. Hace falta comprobar hasta qué punto las partes constituyentes de los mismos interactúan entre sí, y por tanto, si existe una correlación entre la polinucleación y la policentricidad funcional. La FIG. 4 detalla el resultado de aplicar los indicadores de Green de policentricidad funcional, tanto a nivel general como específico, para las entradas y salidas de flujos de trabajadores.

Como se ve en dicha FIG. 4, Barcelona y Valencia destacan como los sistemas con la mayor policentricidad de cuantos se han estudiado. Bilbao queda en una posición intermedia y Málaga se acerca más al grupo de los sistemas urbanos con el menor nivel de policentricidad constituido, en este orden, por Zaragoza, Sevilla y Madrid. Por tanto, Málaga, si bien tiene una estructura polinucleada que avanza hacia la equipotencialidad en cuanto al peso de actividad económica de sus núcleos, está muy lejos de las ciudades en donde los subsistemas denotan la mayor intervenculación laboral entre sí. En cambio, puede decirse que Zaragoza, Sevilla y Madrid pertenecen a las ciudades menos policéntricas, tanto por lo que se refiere a su escaso nivel de policentricidad como polinucleación.



El tamaño de las esferas es representativo del % de LTL en los subcentros.

AM	Núcleos	Autocon- tención	% LTL en subcen- tros	P _{SF-IC} (entrada)	P _{SF-OC} (salida)	P _{GF}
Madrid	9	94%	5%	0,03	0,02	0,02
Barcelona	24	78%	21%	0,14	0,13	0,13
Valencia	18	75%	19%	0,13	0,13	0,13
Sevilla	8	95%	7%	0,02	0,02	0,02
Bilbao	15	87%	15%	0,07	0,07	0,07
Zaragoza	8	97%	7%	0,01	0,02	0,01
Málaga	5	89%	25%	0,03	0,04	0,03

FIG. 4/ Nivel de policentricidad de los sistemas urbanos en España

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, la correlación entre la media de la autocontención de los subsistemas que constituyen cada área metropolitana y el índice de policentricidad general ($r = -0,918$), confirma que las metrópolis formadas por sistemas más autosuficientes son aquellas en las que menos interacción intersubsistema existe, como es evidente. Esto quiere decir que cuanto mayor es la policentricidad, mayor es la densidad u obertura de red (medida como el ratio entre los flujos y los LTL), más dependencia existe, por tanto, entre los diferentes subsistemas que forman las metrópolis.

Si los datos anteriores se analizan desdoblando las dos partes constituyentes de la policentricidad general, es decir, la policentricidad específica de flujos de entrada y salida, es posible apreciar cómo las áreas metropolitanas de ma-

¹³ Aunque esta visión, anclada necesariamente en el año 2001, podría ser diferente si se incorporasen los cambios posteriores acaecidos en la geografía de las metrópolis estudiadas, especialmente en el caso de Madrid, en donde han emergido sendos proyectos inmobiliarios en los cruces de sus autopistas radiales con las orbitales especializadas en servicios terciarios avanzados como las finanzas, la banca o las telecomunicaciones.

¹⁴ MARMOLEJO & TORNÉS (2015) basados en la antigüedad del parque residencial edificado, clasifican en maduros y emergentes a los subcentros aquí estudiados, llegando a la conclusión de que los maduros son un 66% en Barcelona, un 93% en Bilbao, un 84% en Madrid, un 73% en Sevilla, un 92% en Valencia, un 41% en Zaragoza y todos en Málaga.

yor tamaño tienden a tener una mayor policentricidad en sus flujos de entrada en relación a su policentricidad de los flujos de salida. Dicha correlación puede deberse a que las ciudades más grandes tienen subsistemas más grandes capaces de acaparar de una forma más democrática los flujos de entrada, en relación a las emisiones de trabajadores.

Empero, ¿existe o no, una relación entre la polinucleación y la policentricidad? La simple concomitancia estadística nos sugiere que sí, puesto que la correlación entre el número de subcentros y la policentricidad general es de $r = 0,918$, y la correlación entre el peso relativo de los subcentros en términos de actividad económica y la policentricidad general es de $r = 0,717$. Aunque como se ve en la FIG. 5, la correlación no es perfecta, ya que como se había dicho antes, Málaga tiene un nivel de polinucleación más alto que su nivel de policentricidad, mientras que tomando como referencia la línea de tendencia, Sevilla, Madrid y Zaragoza tienen un nivel de policentricidad más elevado que su nivel de polinucleación. Este mismo hallazgo ya había sido señalado por HALL & PAIN (2006) en su proyecto POLYNET, en el cual el Greater London, un sistema marcadamente monocéntrico, resultó tener un mayor nivel de policentricidad en relación a su nivel de polinucleación.

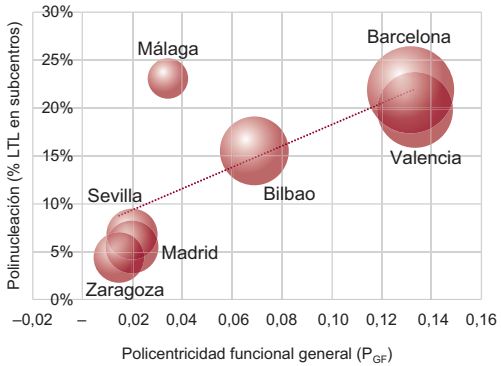


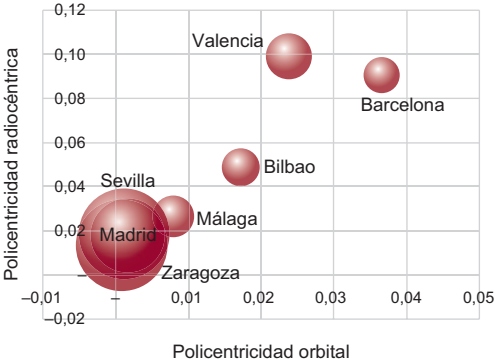
FIG. 5/ Polinucleación versus policentricidad
Fuente: elaboración propia.

¿Cuán importantes son los subsistemas centrales en la conformación del indicador de policentricidad? Para responder a esa pregunta se han construido dos indicadores parciales:

1. El indicador de policentricidad orbital (PGF orbital), mide la interacción entre los sub-

¹⁵ Bien podría ser un indicador de monocentricidad, aunque por su formulación matemática aprehende la bidireccionalidad de las relaciones, y en ese sentido, amerita la permanencia del nombre.

- sistemas, sin considerar la relación con el subsistema central. Es, por tanto, un indicador de la interacción de los subsistemas periféricos (subcentros-subcentros).
2. El indicador de policentricidad radiocéntrica (P_{GF} radiocéntrica), mide la interacción que se suscita entre el subsistema central y los periféricos, sin considerar la relación entre estos últimos¹⁵.



El tamaño de la esfera es significativo del cociente del eje x/y cuanto más grande la esfera, más domina la policentricidad radiocéntrica en relación a la orbital.

	P_{GF}	P_{GF} orbital	P_{GF} radiocéntrica	P_{GF} radiocéntrica/orbital
Madrid	0,02	0,00	0,02	11,0
Barcelona	0,13	0,04	0,09	2,5
Valencia	0,13	0,02	0,10	4,2
Sevilla	0,02	0,00	0,02	16,4
Bilbao	0,07	0,02	0,05	2,8
Zaragoza	0,01	0,00	0,01	16,6
Málaga	0,03	0,01	0,03	3,4

FIG. 6/ Nivel de policentricidad orbital y radiocéntrica
Fuente: elaboración propia.

La FIG. 6 detalla los resultados y con meridiana claridad puede observarse el papel que juega el subsistema central en la articulación metropolitana. Por ejemplo, el índice general de policentricidad (considerando las relaciones centro-subcentros y subcentros-subcentros) sugiere que Barcelona y Valencia tienen estructuras funcionales muy parecidas. Sin embargo, la escisión entre la policentricidad radiocéntrica y orbital deja ver cómo en Valencia el papel del centro es mucho más dinámico, y en cambio, las relaciones orbitales (subcentros-subcentros) son más exiguas. Muy por el contrario, en Barcelona, el papel del centro es menos importante y las relaciones orbitales son más importantes (de hecho son las más importantes de todas las metrópolis estudia-

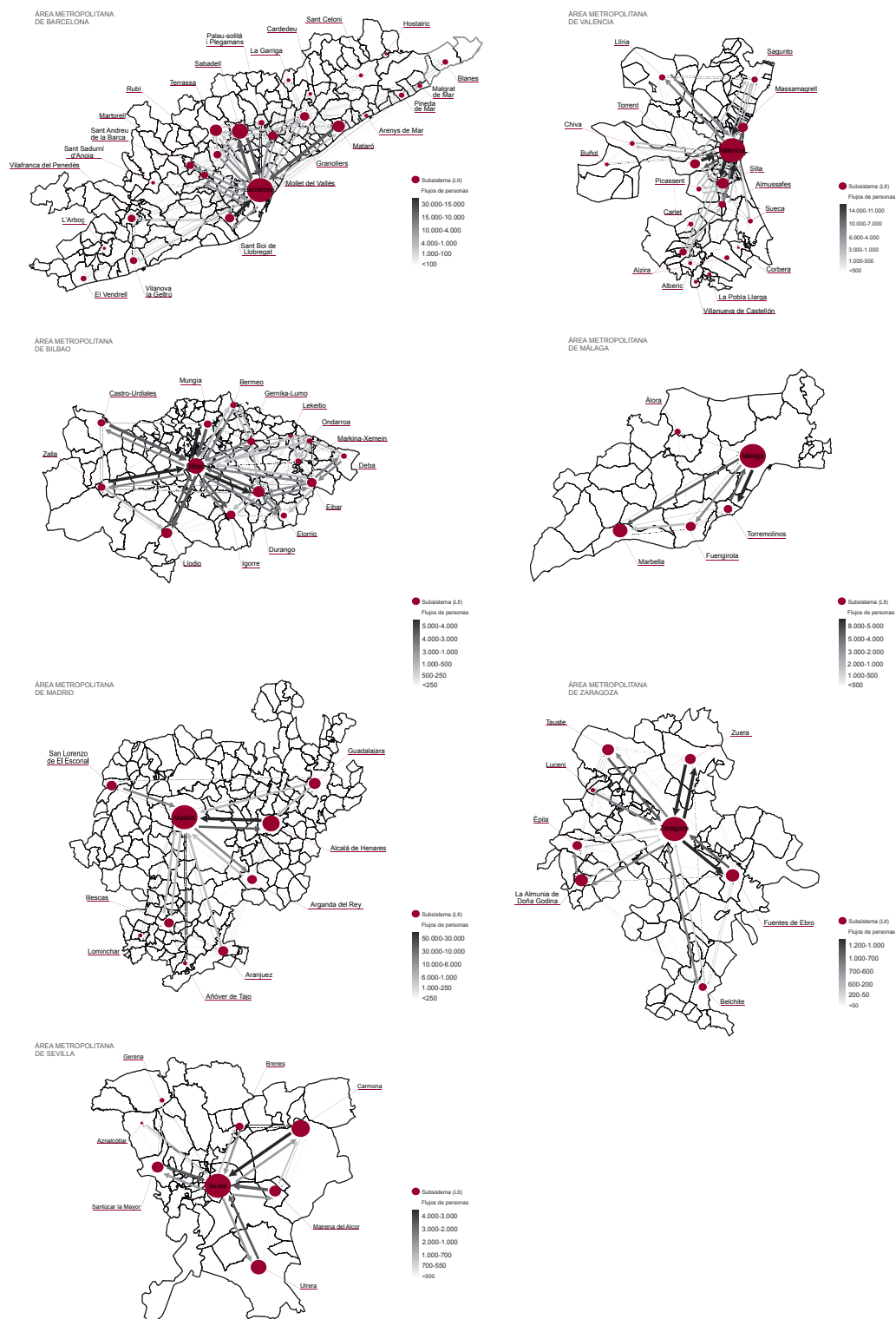


FIG. 7/ **Matrices de flujos de trabajadores entre subsistemas 2001**

Fuente: elaboración propia a partir de los flujos de la matriz de movilidad laboral del Censo de 2001.

das). Si se construye una ratio dividiendo el indicador de policentricidad radiocéntrica por el de policentricidad orbital, se puede apreciar con nitidez la importancia de los subsistemas centrales en relación a los periféricos, siendo dicha importancia, por este orden: Zaragoza, Sevilla, Madrid¹⁶, seguidos muy de lejos por Valencia, Málaga, Bilbao y Barcelona. Como es natural, las metrópolis poco multicéntricas son aquéllas en donde la (poca) policentricidad está explicada por el papel del subsistema central; mientras que en las más polinucleadas, el subsistema central pierde fuelle en la (mayor) policentricidad metropolitana.

Llama poderosamente la atención que, en Barcelona, por ejemplo, a pesar de que la red viaria, y especialmente la ferroviaria, son fundamentalmente radiocéntricas, existe una clara propensión del mercado laboral y residencial a establecer relaciones orbitales de complementariedad subsistema-subsistema.

La simple inspección visual de la FIG. 7 permite observar las importantes relaciones que se suscitan entre algunos subsistemas barceloneses, como las de tipo bidireccional recíproco: Granollers-Mollet, Sabadell-Terrassa, Sabadell-Mollet; o asimétricas, Terrassa-Rubí, por citar sólo las más importantes.

En el caso bilbaíno, puede decirse que Durango establece relaciones bidireccionales recíprocas con Igorre, Elorrio, Eibar y Eibar, a su vez con Deba; otras relaciones del mismo tipo son las de Ondarroa-Markina y Bermeo-Gernika. Y de las asimétricas destacan: Zalla-Llodio, Lekeitio-Ondarroa y Lekeitio-Markina o Eibar-Elorrio.

En Valencia, las relaciones entre los subsistemas son asimétricas, y de las más importantes cabe señalar el caso Sagunto-Massamagrell, Silla-Torrent y Alzira-Almussafes.

De las metrópolis en donde prácticamente no existen relaciones orbitales, podemos encontrar algunas excepciones, como en el caso madrileño Guadalajara-Alcalá; en el zaragozano, La Almunia-Épila, y en el sevillano, Mairena-Carmona.

El análisis anterior permite sugerir la política que debería seguir la red de transporte metropolitano, ya que como es evidente, en todas las

metrópolis es necesaria una red radiocéntrica (porque es el tipo de policentricidad dominante), y sólo en pocas, como en Barcelona, Bilbao, y quizá en Valencia, podría justificarse la potenciación de los subcentros mediante una red orbital complementaria a la anterior, especialmente en el caso en el cual los dos principales mercados urbanos establezcan relaciones de bidireccionalidad recíproca que permitan justificar un uso razonable y sostenible de una red de transporte de esa naturaleza.

Málaga es un caso interesante porque su subsistema urbano central sólo recibe 6 trabajadores por cada 10 que emite, mientras que en las áreas metropolitanas restantes, los centros reciben 15 trabajadores por cada 10 que emiten. De hecho, los flujos que recibe la capital de Fuengirola y Marbella son anecdóticos en relación a los que les envía, y si bien su relación con Torremolinos es más equilibrada, éste recibe más flujos de la capital que no los que le envía. Es decir, en el área metropolitana de Málaga, los subsistemas periféricos (por ejemplo, Marbella o Torremolinos) tienen un protagonismo singular, y como han señalado MARMOLEJO & al. (2012), tiende hacia una equipotencialidad, aunque como aquí se comprueba, fundamentalmente topográfica y no tanto topológica.

FIG. 8/ Nivel de policentrismo de las metrópolis españolas

Barcelona	1,285
Valencia	1,169
Bilbao	0,313
Málaga	0,092
Sevilla	-0,693
Madrid	-0,923
Zaragoza	-1,242

Las unidades son puntuaciones factoriales, cuanto más positivas son, mayor es el nivel del policentrismo (polinucleación y policentricidad).

En un intento de unir la topografía (polinucleación) y topología (funcionalidad) de la red en un indicador más general de policentrismo, se ha realizado un análisis factorial con las diferentes dimensiones de polinucleación (por ejemplo, número de subcentros, porcentaje de LTL en los subcentros, porcentaje de LTL en el subsis-

¹⁶ Nuevamente, se insiste en el hecho de que esta visión podría haberse visto modificada ante las dinámicas recientes de transformación espacial de Madrid, especialmente por su plena incorporación en el «club» de las

ciudades globales, que ha traído aparejada la construcción de centros terciarios subsidiarios al municipio central, que seguramente han tenido una repercusión en el funcionamiento en red.

tema central) y polifuncionalidad. El resultado del mismo es un componente principal (capaz de sintetizar el 78% de la información), cuyas puntuaciones factoriales son significativas del nivel de policentrismo de los sistemas metropolitanos. La FIG. 8 recoge el resultado de dicho análisis, y como se puede apreciar, existen tres paradigmas claros: las ciudades policéntricas (Barcelona y Valencia), Bilbao y Málaga (medianamente policéntricas), y las menos policéntricas (Sevilla, Madrid y Zaragoza).

6. En búsqueda de los factores que favorecen la policentricidad

La interconectividad de las zonas que constituyen un sistema depende fundamentalmente del nivel de complementariedad de las mismas, es decir, de la capacidad de acoplamiento de los diferentes espacios en función de su vocación territorial (sobre la que inciden aspectos como el planeamiento y la segregación socioresidencial), aunque también depende del nivel de infraestructuras, de servicios para la movilidad y del nivel de renta. Por tal de encontrar los factores urbanísticos que están detrás de la funcionalidad, se ha realizado un modelo de regresión, que entre otras cosas, exige tener un número razonable de observaciones, de manera que el PGF se ha vuelto a calcular al nivel de subsistema urbano. Por tanto, la variable a explicar es el nivel de policentricidad entre los municipios que conforman los subsistemas urbanos de las siete áreas metropolitanas estudiadas. Por su parte las variables explicativas son:

- i. En cuanto a la estructura urbana y territorial:
 - El porcentaje de empleo en el municipio subcentro en relación al empleo total del subsistema, lo cual permite tener una idea de la preponderancia del subcentro en relación al

conjunto de municipios que estructura (% LTL subcentro). El nivel de complejidad orográfica¹⁷, como un indicador de la dificultad para superar el espacio dentro de los subsistemas.

- El número de subcentros y la policentricidad general ($P_{GF-intersubistemas}$) en el área metropolitana de referencia. Esta variable nos permite ver la relación entre la policentricidad intrasubistema e intersubistema.
- ii. En cuanto a la estructura del mercado de trabajo:
 - El porcentaje de empleos especializados¹⁸ en el subsistema (% empleo especializado). Se espera que cuanto más especializado sea el mercado de trabajo de una zona, mayor sea la necesidad de importación de mano de obra cualificada de otras.
 - La diversidad de la oferta de empleo¹⁹ (diversidad empleo) en los municipios que conforman el subsistema, cuanto mayor sea ésta, mayor la probabilidad de que la POR, con diferentes perfiles profesionales, pueda encontrar trabajo en el mismo sitio en el que vive, lo cual reduce la movilidad.
 - El índice de desequilibrio entre la oferta de trabajo (desequilibrio sectorial) que mensura cuán parecida es la estructura de la POR y los LTL a un dígito de desagregación de la Clasificación Nacional de la Actividad Económica (CNAE). Cuando este índice es 0, significa que los municipios de un subsistema están equilibrados en cuanto a la estructura sectorial de su mercado de trabajo, es decir, para todos los sectores existe la misma proporción de oferta de empleo que demanda de éste, lo que podría favorecer la autocontención, repercutiendo en una reducción de la movilidad intermunicipal. Cuanto más cercano a 2 es el índice, significa que existe un mayor desequilibrio, y por tanto, que es necesaria la movilidad laboral.

¹⁷ Este indicador se ha construido de la siguiente manera: en primera instancia, dentro de cada municipio se ha contabilizado la cantidad de suelo en diferentes rangos de pendiente (por ejemplo, <5% entre 5 y 10%, entre 15 y 20%, etc.) con el concurso de un SIG. En un siguiente paso, sobre dichas cifras, se ha calculado el indicador de diversidad de Shannon. Cuanto mayor es el mismo, mayor es la entropía de las pendientes orográficas y por tanto, mayor es el nivel de complejidad orográfica del municipio. Finalmente, se ha integrado un indicador por subsistema mediante una media ponderada, en donde el ponderador es la superficie del municipio.

¹⁸ Para identificar los empleos especializados se ha procedido a analizar, a escala de todos los municipios españoles, los sectores en los cuáles las personas trabajadoras se desplazan más. Dicho cálculo ha consistido en

multiplicar la matriz origen destino de cada uno de los diecisiete sectores de la CNAE, a un dígito de desagregación, por la matriz de distancias óptimas, derivada de un análisis en TransCAD, utilizando la base cartográfica de Tele Atlas. Posteriormente, mediante un análisis de conglomerados, se han identificado los sectores más especializados, que son: administración pública, extraterritoriales, financiera, servicios, y transporte y telecomunicaciones.

¹⁹ La diversidad de empleo se ha calculado con los LTL desagregados a 17 sectores mediante el índice de entropía de Shannon (a partir de los datos de la Clasificación Nacional de Ocupación del año 2001, CNO). En concreto, se ha calculado dicho índice a escala de municipio, y luego se ha agregado por subsistema mediante una media ponderada por los LTL de cada municipio.

iii. En cuanto a la dotación de infraestructuras de transporte:

- La dotación de estaciones de ferrocarril intermunicipal por cada 10.000 habitantes. Este índice, imperfecto para lo que sería deseable, intenta mensurar los servicios de transporte masivo dentro de un subsistema.
- El número de accesos a autopistas y autovías (auto pis/vías) por cada 10.000 habitantes. Cuanto mayor es este índice, y el anterior, menor es la dificultad de las personas para superar el espacio que distancia a los municipios entre sí, y por tanto, *ceteris paribus*, mayor la movilidad potencial.

iv. En cuanto al nivel de ingresos:

- La estructura socioprofesional²⁰ de la población ocupada residente, ya que se espera que exista una relación entre el nivel de renta y la movilidad (Fac. no cualificados).

Asimismo, se controlan aspectos como el tamaño de los subsistemas y su densidad.

De los 87 subsistemas que integran las siete áreas metropolitanas, sólo se han considerado 82, puesto que cinco denotan valores de policentricidad general funcional extremos²¹. La FIG. 9 ofrece los resultados de los modelos, presentando únicamente las variables que resultaron significativas al 95% de confianza²². El de la primera columna de resultados (modelo 1a), se ha construido con todos los subsistemas a la vez, sus resultados dan cuenta que *la policentricidad*:

1. *Se reduce* ante la preponderancia del subcentro que estructura el subsistema, puesto que cuanto más grande es la cabecera, se crea un efecto monocéntrico en la pequeña escala. Como BURGER & MEIJERS (2012) indican, el tamaño del centro está positivamente asociado con la diversidad sectorial, al tiempo que un mercado de trabajo más amplio permite un mejor encaje

entre la oferta y la demanda de mano de obra, y en consecuencia, reduce la necesidad de movilidad.

2. *Se incrementa* con el tamaño del subsistema, mensurado como la suma de la distancia óptima entre todos los municipios que lo conforman. Este resultado es coherente con el análisis a escala intrametropolitana (intersubsistemas) del epígrafe anterior, en donde las metrópolis más policéntricas tienen subsistemas más extensos (sin considerar el subsistema central). Es decir, cuanto menos preponderante es el subsistema central, más importancia (y extensión) tienen los subordinados, que a su vez tienen, internamente, una mayor policentricidad, puesto que sus subcentros son capaces de estructurar con mayor vigor su entorno local.
3. *Se incrementa* con el desequilibrio sectorial, cuanto más desfasada está la demanda y la oferta de empleo, mayor es la interacción entre los municipios dentro de los subsistemas. *Este hallazgo es muy importante, puesto que pone de relieve que la falta de coordinación urbanística en la configuración de usos del suelo tiene, efectivamente, un impacto sobre los patrones de movilidad*. Para favorecer la autocontención, no hace falta sólo que haya un cierto equilibrio entre el techo (suelo) para vivienda y actividad económica (medido en personas ocupadas, no en m²), sino también, y sobre todo, que exista una correspondencia entre el perfil socioprofesional del empleo y el tipo de vivienda al que pueden acceder en función de su nivel de renta.
4. *Se incrementa* con la polinucleación del sistema metropolitano. Es decir, existe una relación entre la polinucleación metropolitana y la funcionalidad intrasubsistema²³. *Proceso que parece responder a un efecto fractal*.
5. Finalmente, el modelo 1a pone de relieve que la dotación de infraestructuras viarias de alta capacidad y velocidad, como las autopistas y autovías, favorece también la

²⁰ Dicha estructura se ha sintetizado a partir de un análisis de componentes principales construido sobre el porcentaje de cada una de las categorías de la CNO a un dígito de desagregación. En dicho análisis el factor 1, polariza, en positivo, las zonas en donde viven las personas que ocupan puestos cualificados (por ejemplo, directivos, profesionales, técnicos superiores y medios), y en sentido negativo, aquéllas donde viven los trabajadores menos cualificados de la industria. El componente 2 (Fac. no cualificados), señala los sitios en los que viven los grupos socioprofesionales no cualificados. Ambos factores son capaces de explicar el 66% de la varianza.

²¹ Estos cinco subsistemas son: Chiva, Fuengirola, Bilbao, Torremolinos y Madrid, en todos los casos, el P_{GF} se en-

cuentra a más de dos desviaciones estándar de la media del conjunto.

²² Además de los modelos presentados, se han calculado otros, separando a las AM de acuerdo con su nivel de policentrismo (Barcelona y Valencia; Bilbao y Málaga; Sevilla, Madrid y Zaragoza). Los resultados, sin embargo, no difieren en su esencia con los reportados aquí. Sin embargo, no se han realizado modelos individuales por cada AM, ya que el número de casos habría sido minúsculo, y por tanto, inadecuado para este tipo de análisis multivariados.

²³ De hecho, también se probó introducir en vez del número de núcleos, el índice general de policentricidad, sin embargo, esta segunda variable no resultó significativa.

FIG. 9/ Modelos para explicar la policentricidad funcional a nivel intrasubsistema

Variable independiente	Modelo			
	(1a)	(1b)	(2a)	(2b)
Constante	0,003 0,129	0,223 3,993	0,245 5,003	0,225 4,184
% LTL en el subcentro	-0,058 -2,775		-0,037 -1,718	
Suma dist. intrasubsistema	0,000 3,161		0,000 1,733	
% empleo especializado		0,626 5,772	0,607 3,763	0,788 6,009
Diversidad de empleo		-0,139 -4,014	-0,148 -4,668	-0,152 -4,477
Desequilibrio sectorial	0,153 3,183			
Número de subcentros	0,003 3,719		0,002 2,259	
Auto pis/vias	0,004 2,069			
Fac. no cualificados		-0,009 -1,783		-0,009 -1,690
PGF intersubsistemas		0,198 2,405		0,192 2,316
R2	0,39	0,44	0,49	0,49
R2 (ajustado)	0,35	0,41	0,45	0,46
σ (estimado)	0,04	0,04	0,04	0,04
Durbin-Watson	0,79	0,70	0,98	0,84
Tamaño de la muestra	82	82	77	77

Variable dependiente: policentricidad general funcionaria (P_{GF}).
Método de introducción: pasos sucesivos.

intervinculación entre los municipios que conforman los subsistemas. Esta conclusión va en detrimento de la hipótesis de muchas autoridades locales, en el sentido de suponer que este tipo de infraestructuras son más una carga que no un beneficio, puesto que entienden dan servicio de largo recorrido y por tanto son «de paso». Por el contrario, nuestro hallazgo sugiere que también las autopistas y autovías tienen un papel en la configuración de las estructuras territoriales en la pequeña escala, y más en el fondo aún, que el papel de las calles ha sido sustituido por el de las autopistas, y por ende, que su diseño arquitectónico, como elementos cotidianos de las urbes contemporáneas, requiere más atención.

En el modelo 2a se han eliminado los subsistemas centrales para comprobar hasta qué

punto la policentricidad en los subsistemas subordinados continúa explicándose a través de los mismos factores urbanos. Los resultados dan cuenta de que la variable de porcentaje de empleo especializado y la diversidad, reemplazan el papel del desequilibrio sectorial. En concreto, cuanto mayor es el porcentaje de empleo cualificado en el subsistema, mayor es la interacción entre los municipios que lo conforman, lo que resulta coherente con el hecho de que este tipo de empleos, al ser más escasos, requieren un mayor ámbito territorial que produce una mayor movilidad. Esta mayor disposición/posibilidad de viajar ya había sido comprobada por SCHWANEN & DIJST (2002).

El signo negativo del indicador de diversidad permite reforzar la idea de que cuanto más compleja es la oferta sectorial de empleo, menor es la movilidad intermunicipal, puesto que mayor es la probabilidad de encontrar un tra-

bajo acorde con las aptitudes de la población ocupada. La pérdida de capacidad explicativa de la dotación de infraestructuras viarias de alta capacidad sugiere su menor peso en la explicación de la movilidad interna de los sistemas periféricos (entre otras razones porque las autopistas/autovías son fundamentalmente de tipo radial).

Los modelos b reproducen a los a, excepto en el hecho de que se ha ofrecido al modelo la introducción de los indicadores de nivel de renta. Como se ve, entra la variable Fac. no cualificados con signo negativo, resulta que es significativo de la existencia de una relación entre el nivel de renta (y las ocupaciones) y el nivel de movilidad dentro de los municipios de los subsistemas. Finalmente, cabe señalar que este indicador expulsa del modelo al nivel de preponderancia del municipio central, y que las variables del tamaño del subsistema y del número de subcentros, son sustituidas por la de policentricidad entre los subsistemas.

7. Conclusiones

La significación del concepto de policentrismo ha de entenderse como un proceso y no como una definición acabada. En este artículo intentamos aportar elementos que nutren ese debate, en el sentido de apoyar una definición ciertamente fundamentada en criterios morfológicos pero también funcionales. En dicho contexto, poco nos equivocáramos en decir que un sistema urbano policéntrico debería ser aquél estructurado en varios (poli) centros, que interactúan tanto con su entorno inmediato (formando subsistemas) como entre ellos (estableciendo relaciones de complementariedad). No basta, por tanto, que haya muchos núcleos, sino es necesario también que exista una evidente relación entre los mismos.

El programa empírico realizado sugiere, para las siete grandes ciudades españolas, que existe una fuerte relación entre la polinucleación (entendida como el número de subcentros y su peso relativo) y la policentricidad (entendida como el nivel de intervencionalidad funcional entre los subsistemas estructurados por los subcentros). Empero, dicha correlación no es perfecta, y no por tener analizada una, se puede dar por sentada la otra. En ese sentido, el caso de Málaga es paradigmático, en tanto en

cuanto su nivel de intervencionalidad funcional es menor del que su gran nivel de equipotencialidad multicéntrica morfológica sugeriría. Más en el fondo aún, los análisis funcionales han puesto de relieve que casi todas nuestras áreas metropolitanas tienen un fuerte componente monocéntrico, siendo en la mayor parte de ellas el policentrismo un estadio emergente, más derivado de la integración de antiguos núcleos originalmente independientes, que de la aparición de nuevos, como ocurre con el policentrismo en Norteamérica. A pesar de ello, en algunas áreas como en Bilbao, y especialmente en Barcelona, existen claros indicios de relaciones policéntricas funcionales de tipo orbital (subcentro-subcentro), que bien justificarían la creación o potenciación de sistemas viarios/ferroviarios que permitiesen impulsar las relaciones de complementariedad históricamente forjadas.

¿Es la polifuncionalidad, es decir, el policentrismo funcional, un aspecto deseable? La respuesta depende de qué es lo que se analice. En el caso de la movilidad laboral, como la aquí estudiada, el nivel de intervencionalidad funcional es positivo, en la medida que habilita la complementariedad territorial mediante el flujo de capital humano que beneficia a las empresas, y brinda más oportunidades laborales para las personas; pero también podría ser pernicioso en la medida en que la movilidad tiene un coste ambiental y social, cuando el tiempo de desplazamiento es excesivo y va en detrimento de otras actividades reproductivas. En este último sentido, nuestros análisis ponen de relieve el importante papel que tiene, en la contención de la movilidad, la coordinación urbanística en la configuración de usos del suelo para favorecer un equilibrio coherente entre los perfiles socioprofesionales de la actividad económica y el tipo de vivienda al que puedan acceder en función de su nivel de renta, como ya apuntaron MARMOLEJO & TORRES (2015). Asimismo, los análisis sugieren que las grandes autopistas y autovías que surcan nuestras metrópolis, tienen un importante papel en la estructuración local, y por ende, deberían tener un diseño arquitectónico más acorde al rol urbano que, a pesar de la desidia de sus planificadores, están jugando. Entender que la planificación de dichas infraestructuras es un tema sectorial y no urbanístico, resulta a la luz de la evidencia empírica, anacrónico.

8. Bibliografía

- AGUIRRE, C. & C. MARMOLEJO (2010): «Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la Región Metropolitana de Barcelona», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 5 (14): 99-122.
- ALBRECHTS, L. (2001): «How to proceed from image and discourse to action: as applied to the Flemish Diamond», en *Urban Studies*, 38: 733-745.
- ANAS, A. & ARNOTT & K. A. SMALL (1998): «Urban spatial structure», en *Journal of Economic Literature*, 36: 1426-1464.
- ANDERSON, N. B. & W. T. BOGART (2001): «The Structure of Sprawl. Identifying and Characterizing Employment Centers in Polycentric Metropolitan Areas», en *Journal of Economics and Sociology*, 60: 147-169.
- BERRY, B. J. L. (1964): «Cities as systems within systems of cities», en *Papers of the Regional Science Association*, 13: 146-163.
- BOGART, W. T. & W. C. FERRY (1999): «Employment centres in Greater Cleveland: evidence of evolution in a formerly monocentric city», en *Urban Studies*, 36: 2099-2110.
- BOIX, R. (2002): *Caracterización de redes de ciudades mediante el análisis de cuatro estructuras urbanas simuladas*. Encuentro de Economía Aplicada (V, Oviedo, 6-8 de junio).
- & J. TRULLÉN (2012): «Policentrismo y estructuración del espacio: una revisión crítica desde la perspectiva de los programas de investigación», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 6 (18): 27-54.
- BURGER, M. & E. MEIJERS (2012): «Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity», en *Urban Studies*, 49 (5): 1127-1149.
- CAMAGNI, R. (1994). «From city hierarchy to city network: reflections about an emerging paradigm», en CUADRADO-ROURA, J. & P. NIJKAM & P. SALVA (eds.), *Moving frontiers economic restructuring, regional development and emerging networks*, Aldershot, Avebury.
- CHAMPION, A. (2001): «Changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city populations», en *Urban Studies*, 38 (4): 657-67.
- CHORLEY, R. J. & P. HAGGETT (eds.) (1967): *Models in geography*. Methuen, Londres.
- CHRISTALLER, W. (1933): *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*, Gustav Fischer Verlag, Jena (trad. It: *Le località centrali della Germania meridionale*, Milán, 1981).
- CRAIG, S.G. & P.T. NG (2001): «Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Sub-centers in a Multicentric Urban Area», en *Journal of Urban Economics*, 49: 100-120.
- DE COS, O. & A. DE MEER (2013): «Las áreas metropolitanas de tamaño medio: la configuración de un espacio de cohesión en el conjunto polinuclear Santander-Torrelavega», en *CyTET*, XLV (176): 351-362.
- DE GOEI, B. & M. J. BURGER & F. G. VAN OORT & M. KITSON (2010): «Functional polycentrism and urban network development in the greater south east UK: evidence from commuting patterns», en *Regional Studies*, 44: 1149-1170.
- DE LAS RIVAS, J. L. & A. ÁLVAREZ (2013): «El corredor industrial Valladolid-Palencia: conurbación emergente entre dos polos urbanos consolidados», en *CyTET*, XLV (176): 363-378.
- DEMATTEIS, G. (1985): «Contro-urbanizzazione e strutture urbane reticolari», en BIANCHI, G. & I. MAGNANI (eds.), *Sviluppo multiregionale: teorie, metodi, problemi* (pp. 121-132), Franco Angeli, Milán.
- ESPON 1.1.1. (2004): *Potentials for polycentric development in Europe*. Nordregio/ESPON Monitoring Committee, Stockholm/Luxembourg.
- FERIA, J. M. (2008): «Un ensayo metodológico de definición de las áreas metropolitanas de España a partir de la variable residencia-trabajo», en *Investigaciones Geográficas*, 46: 49-68.
- (2010): «La delimitación y organización espacial de las áreas metropolitanas españolas: una perspectiva desde la movilidad residencia-trabajo», en *CyTET*, 164: 189-210.
- & J. M. ALBERTOS (ed.) (2010): *La ciudad metropolitana en España: procesos urbanos en los inicios del siglo XXI*, Thomson Reuters, Pamplona.
- FONT, A. (2013): «Ámbito Central del Camp de Tarragona: la emergencia de una metrópoli territorial», en *CyTET*, XLV (176): 379-392.
- GALLO, M. T. & R. GARRIDO (2012): «Una aproximación a la estructura urbana policéntrica en la Comunidad de Madrid», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 6 (18): 69-100.
- & M. VIVAR (2010): Cambios Territoriales en la Comunidad de Madrid: policentrismo y dispersión. *EURE*, 36 (107): 5-26.
- GARCÍA-LÓPEZ, M. A. (2007): «Estructura espacial del empleo y economías de aglomeración: el caso de la industria de la Región Metropolitana de Barcelona», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 4: 519-553.
- (2008): «Manufacturas y servicios en la RMB, cambios en la estructura espacial de su empleo», en *Revista de Estudios Regionales*, 83: 197-224.
- (2010): Population suburbanization in Barcelona, 1991-2005: Is its spatial structure changing?, en *Journal of Housing Economics*, 19: 119-1932.
- & I. MUÑIZ (2010): «The Polycentric Knowledge Economy in Barcelona», en *Urban Geography*, 31: 774-799.
- GIULIANO, G. & C. L. REDFEARN (2007): «Employment concentrations in Los Angeles, 1980-2000», en *Environment and Planning A*, 39 (12): 2935-2957.
- & K. A. SMALL (1991): «Subcenters in Los Angeles Region», en *Regional Science and Urban Economics*, 21: 163-182.
- GORDON, P. & H. W. RICHARDSON & G. GIULIANO (1989): *Travel trends in non-CBD activity centers*. Washington, DC: Report Ca-11-0032, Urban Mass Transit Administration. U.S. Department of Transportation. Report CA-11-0032.
- GORDON, P. & H. W. RICHARDSON (1996): «Beyond Polycentricity: The Dispersed Metropolis, Los An-

- geles, 1970-1990», en *Journal of the American Planning Association*, 62 (3): 289-295.
- & L. WONG (1986): «The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles», en *Environment and Planning A*, 18: 161-173.
- GREEN, N. (2004): *General functional polycentricity: a definition*. Discussion Paper, Institute of Community Studies/The Young Foundation/Polynet programmes.
- (2005): *Towards a definition of polycentricity in terms of network theory, and the visualisation of polycentricity using a GIS*. Paper given at CUPUM 05: Computers in Urban Planning and Urban Management, Londres.
- (2007): «Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis», en *Urban Studies*, 44 (11): 2077-2103.
- HAGGETT, P. (1965): *Locational Analysis in Human Geography*, Edward Arnold, Londres.
- HALL, P. (1984): *The World Cities*, 3.^a ed., Weidenfeld and Nicolson, Londres.
- & PAIN, K. (2006): *The Polycentric Metropolis. Learning from mega-city regions in Europe*, Earthscan, Abingdon.
- KLOOSTERMAN, R. & MUSTERD, S. (2001): «The Polycentric Urban Region: Towards a Research Agenda», en *Urban Studies*, 38 (4): 623-633.
- LAMBOOY, J. G. (1998): «Polynucleation and urban development: the Randstad», en *European Planning Studies*, 6: 457-467.
- LIMTANAKOOL, N. & T. SCHWANEN & M. DIJST (2007): «A theoretical framework and methodology for characterising national urban systems on the basis of flows of people: evidence for France and Germany», en *Urban Studies*, 44 (11): 2123-2145.
- (2009): «Developments in the Dutch Urban System on the Basis of Flows», en *Regional Studies*, 43 (2): 179-196.
- MARMOLEJO, C. & E. CHICA & J. MASIP (2012): «¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: evolución de la influencia de los subcentros en la distribución de la población», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 18: 163-190.
- & J. CERDA (2012): «La densidad-tiempo: otra perspectiva de análisis de la estructura metropolitana», en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (402).
- & J. MASIP & C. AGUIRRE (2013): «Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas», en *CyTET*, 176.
- & C. AGUIRRE & J. ROCA (2013b): «Revisión de la densidad de empleo como medio para detectar subcentros metropolitanos: un análisis para Barcelona y Madrid», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 23: 33-64.
- & M. TORNÉS (2015): «¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España», en *Scripta Nova*, vol. XVIII, núm. 500.
- MARTÍN, A. & M. GONZÁLEZ & N. MENDIKUTE (2013): «Complementos y dependencias urbanas sobre Donostia-San Sebastián en situación fronteriza», en *CyTET*, XLV (176): 393-408.
- MARTÍNEZ, H. & I. MOHÍNO & J. DE UREÑA & E. SOLÍS (2014): «Road accessibility and articulation of metropolitan spatial structures: the case of Madrid (Spain)», en *Journal of Transport Geography*, 37: 61-73.
- MASIP, J. & J. ROCA (2012): «Anàlisi retrospectiu del sistema metropolità de Barcelona i la seva influència en l'estructura urbana», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 18: 101-138.
- MCDONALD, J. & P. PRATHER (1994): «Suburban employment centres: The case of Chicago», en *Urban Studies*, 31: 201-218.
- MCDONALD, J. F. (1987): «The Identification of Urban Employment Subcenters», en *Journal of Urban Economics*, 21: 242-258.
- & D. P. McMILLEN (1990): «Employment subcenters and land values in a polycentric urban area: the case of Barcelona», en *Environment and Planning A*, 22: 1561-1574.
- McMILLEN, D. (2001): «Non-Parametric Employment Subcenter Identification», en *Journal of Urban Economics*, 50: 448-473.
- & J. F. MCDONALD (1997): «A Nonparametric Analysis of Employment Density in a Polycentric City», en *Journal of Regional Science*, 37: 591-612.
- MEIJERS, E. (2008): «Measuring Polycentricity and its Promises», en *European Planning Studies*, 16 (9): 1313-1323.
- MILLS E. S. & B. W. HAMILTON (1984): *Urban Economics*, Scott Foresman, Glenview, IL.
- MUÑIZ, I. & A. GALINDO & M. A. GARCÍA-LÓPEZ (2003): «Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona», en *Urban Studies*, 40: 1303-1321.
- MUÑIZ, I. & M. A. GARCÍA-LÓPEZ (2009): «Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento», en *CyTET*, 160: 263-290.
- & A. GALINDO (2008): «The Effect of Employment Sub-centres on Population Density in Barcelona», en *Urban Studies*, 45 (3): 627-649.
- O'SULLIVAN, A. (2011): *Urban Economics* (8.^a ed. revisada). McGraw-Hill Higher Education.
- PARR, J. B. (2004): «The polycentric urban region: a closer inspection», en *Regional Studies*, 38: 231-240.
- PILLET, F. & M. CAÑIZARES & A. RUIZ & H. MARTÍNEZ & J. PLAZA & J. SANTOS (2010): «El policentrismo en Castilla-La Mancha y su análisis a partir de la población vinculada y el crecimiento demográfico», en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XIV (321).
- PRED, A. (1977): *City-systems in advanced economies: past growth, present processes, and future development options*. Hutchinson, Londres.
- REDFEARN, C. L. (2007): «The Topography of Metropolitan Employment: Identifying Centers of Employment in a Polycentric Urban Area», en *Journal of Urban Economics*, 61: 519-561.
- REQUES, P. & O. DE COS (2013): «Los difusos límites del espacio urbano-metropolitano en España», en *CyTET*, XLV (176): 267-280.
- ROCA, J. (1988): *La estructura de valores urbanos: un análisis teórico-empírico*. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.

- & B. ARELLANO & M. MOIX (2011): «Estructura urbana, policentrismo y "sprawl": los ejemplos de Madrid y Barcelona», en *CyTET*, 168: 299-321.
- ROCA, J. & C. MARMOLEJO & M. MOIX (2009): «Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept», en *Urban Studies*, 46 (13): 2840-2868.
- ROCA, J. & M. MOIX (2005): «The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems», en *Regional Studies*, 39: 359-375.
- & B. ARELLANO (2012): «El sistema urbano en España», en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (395).
- RODRÍGUEZ, F. & M. CARRERO (2013): «Ciudad Astur, una singularidad metropolitana», en *CyTET*, XLV (176).
- ROMERO, V. & E. SOLÍS & J. DE UREÑA (2014): «Beyond the metropolis: new employment centers and historic administrative cities in the Madrid global city region», en *Urban Geography*, 35 (6): 889-915.
- RUÍZ, M. & C. MARMOLEJO (2008): «Hacia una metodología para la detección de subcentros comerciales: un análisis para Barcelona y su área metropolitana», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 3 (8): 199-217.
- SCHWANEN, T. & M. J. DIJST (2002): «Travel-time ratios for visits to the workplace: the relationship between commuting time and work duration», en *Transportation Research Part A*, 36: 573-592.
- SHEARMUR, R. & W. J. COFFEY (2002): «A Tale of Four Cities: Intrametropolitan Employment Distribution in Toronto, Montreal, Vancouver, and Ottawa-Hull, 1981-1996», en *Environment and Planning A*, 34: 575-598.
- SOLÍS, E. & I. MOHINO & J. DE UREÑA (2015): «Global Metropolitan-Regional Scale in Evolution: Metropolitan Intermediary Cities and Metropolitan Cities», en *European Planning Studies*, 23 (3): 568-596.
- SOLÍS, E. & J. M. DE UREÑA & B. RUÍZ-APILÁNEZ (2012): «Transformación del sistema urbano-territorial en la región central de la España peninsular: la emergencia de la región metropolitana policéntrica madrileña», en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (420).
- SOLÍS, E. & M. ARNAIZ & I. MOHINO & B. RUÍZ & J. DE UREÑA (2013): «Políticas urbanas y ciudades intermediarias en regiones policéntricas: el caso de Madrid», en *CyTET*, XLV (176): 301-316.
- SPIEKERMANN, K. & M. WEGENER (2004): «How to measure polycentricity?», *Paper given at ESPON 1.1.3 Project Meeting*, Warsaw, Polonia.
- SUAREZ, M. & J. DELGADO (2009): «Is Mexico City Polycentric? A trip attraction capacity approach», en *Urban Studies*, 46 (10): 2187-2211.
- TINKLER, K. J. (1977): *An introduction to graph theoretical methods in geography*, Institute of British Geographers Catmog, Londres.
- TRULLÉN, J. & R. BOIX (2000): «Policentrismo y redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona», *Ponencia presentada al III Encuentro de Economía Aplicada*, Valencia.
- TSAL, Y. H. (2005): «Quantifying Urban Form: Compactness versus "Sprawl"», en *Urban Studies*, 42: 141-161.
- UREÑA, J. M. & F. PILLET & C. MARMOLEJO (2013): «Aglomeraciones/regiones urbanas basadas en varios centros: el policentrismo», en *CyTET*, XLV (176): 249-266.
- VAN DEN BERG, L. & EUROPEAN COORDINATION CENTRE FOR RESEARCH AND DOCUMENTATION IN SOCIAL SCIENCES (1982): *Urban Europe: A study of growth and decline*, vol. 1, Pergamon Press, Oxford.
- VIÑUELA, A. & E. FERNÁNDEZ & F. RUBIERA (2012): «Una aproximación input-output al análisis de los procesos centrípetos y centrífugos en Madrid y Barcelona», en *ACE: Architecture, City and Environment*, 6 (18): 139-162.

Scripta Nova

REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA
Y CIENCIAS SOCIALES

Universidad de Barcelona.

ISSN: 1138-9788

Depósito Legal: B. 21.741-98

Vol. XVIII, núm. 500. 1 de enero de 2015



¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España

Carlos Marmolejo Duarte
Universitat Politècnica de Catalunya
carlos.marmolejo@upc.edu

Maira Tornés Fernández
Universitat Politècnica de Catalunya
maira.tornes@upc.edu

¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España (Resumen)

En el contexto europeo, España goza de una tradición consolidada en el estudio del policentrismo, numerosos estudios han identificado, mensurado y creado nuevos métodos de identificación de subcentros. El policentrismo ha sido estudiado así desde la perspectiva morfológica y funcional, tanto a escala intrametropolitana como regional. Sin embargo, poca o nula atención se ha puesto al impacto que producen las estructuras policéntricas sobre la eficiencia de la urbanización. En este artículo exploramos la relación que existe entre el policentrismo y la movilidad laboral. A partir de la matriz de movilidad del Censo de Población, y de los estudios previos, construimos una serie de indicadores que permiten medir la incidencia del policentrismo sobre las distancias recorridas por la población ocupada. Asimismo, una vez controlada la estructura de la distribución espacial del empleo y la población, mediante el algoritmo de M. White en 1988 se estudia, con ayuda de un modelo estadístico, la relación entre la exarcebación de la movilidad y diferentes indicadores urbanísticos. Los resultados ponen de relieve que efectivamente el policentrismo reduce la movilidad, y que una vez controlado éste, otros factores obvios como las infraestructuras (de transporte público y privado) incrementan el exceso de movilidad, aunque también otros no tan evidentes como el ratio empleo/vivienda, especialmente en los monocultivos industriales. En cambio, la diversidad de la oferta de vivienda reduce las pautas de movilidad metropolitana. Estos resultados constituyen mensajes claros para la confección de políticas urbanas.

Palabras clave: Policentrismo, movilidad laboral, áreas metropolitanas.

Recibido: 4 de diciembre de 2013
Devuelto para correcciones: 10 de julio de 2014
Aceptado: 2 de octubre de 2014

Is polycentrism reducing labor mobility? An analysis for the seven largest metropolitan areas in Spain (Abstract)

In the European context, Spain has a consolidated trajectory in the study of polycentrism; a number of studies have identified, measured and created new methods to identify subcenters. Polycentrism has been widely studied from the morphological and functional perspective, both intra-metropolitan and regional scales. However, little or no attention has been put to the impact of polycentric structures on the efficiency of urbanisation. In this paper, we explore the relationship between polycentricity and labor mobility. Starting from the mobility matrix contained in the Population Census and some previous studies, we have built a series of indicators to measure the incidence of polycentricity on the distances travelled by the working population. In addition, once the structure of the spatial distribution of employment and population has been controlled by the algorithm of M. White 1988, we study, using a statistical model, the relationship between the excess of labor mobility and different urban indicators. The results show that polycentricity effectively reduces mobility, at the time that other obvious urban attributes such as infrastructures (both intended for cars and public transportations) and other planning features, such as the employment to housing ratio and the specialisation in manufacturing, increase it. Conversely, the diversity of housing reduces mobility. These findings show clear implications for urban policies.

Keywords: Polycentrism, labor mobility, metropolitan area

La estructura espacial de la distribución del empleo¹ y la población hacia el interior de nuestras metrópolis tiene una importancia *sine qua non* en las dinámicas urbanas. Dentro de ellas la movilidad laboral, es decir, el desplazamiento del conjunto de la población ocupada siguiendo una trayectoria con implicaciones espaciales y temporales, es un tema de especial relevancia. No sólo por cuanto conlleva un importante coste ambiental, al representar un movimiento horizontal contrapuesto al vertical que es normal en la naturaleza² e hipotecar la función socializadora de las vías³, sino también, porque consume el recurso más escaso con el que contamos: el tiempo. Tiempo que en vez de usarlo en tareas productivas y reproductivas lo usamos para desplazarnos. Incluso se ha llegado a afirmar que “en las sociedades modernas, la movilidad espacial es altamente valorada ya que está asociada a la libertad individual”⁴, y por tanto puede conllevar a procesos de cohesión, pero también de exclusión⁵, de manera que el *potencial* de movilidad física puede ser entendido como un capital en sí mismo capaz de incidir en la movilidad social⁶.

¹ Este artículo se enmarca en el proyecto “El policentrismo revisitado desde la perspectiva del comportamiento espacio-temporal de la población en las principales metrópolis españolas” financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad bajo la referencia CSO2012-33441 del cual el primer autor es el investigador principal, así como en la tesis doctoral de la segunda autora realizada en el contexto de dicho proyecto. Ambos autores quieren agradecer al Dr. Jorge Cerda Troncoso su inestimable apoyo en la asesoría recibida para el uso del SIG TransCAD.

² Navazo, 2013

³ Miralles, 2002

⁴ Flamm y Kaufmann, 2006; p. 167

⁵ Miralles y Cebollada, 2003

⁶ Kaufmann, *et al.* 2004

La movilidad, por tanto, se ha convertido en fuente de controversia y preocupación para los *policy makers* urbanos, al incidir sobre los vectores ambiental, económico y social sobre los cuales se supone apoyado el paradigma de la sustentabilidad. En Europa grandes esperanzas han sido puestas en el desarrollo urbano policéntrico como alternativa sustentable al crecimiento disperso o megacefálico, así la *European Spatial Development Perspective*, acordada en 1999, eleva al policentrismo a rango de política territorial central en la UE⁷. Opción seguramente inspirada en la corriente académica aparecida en la década de los 80 que entendía que el policentrismo podía ser una alternativa a los problemas devenidos del monocentrismo⁸. Ni que decir tiene que las administraciones con competencias en desarrollo regional y urbano han seguido la misma senda, y para muestra basta el Programa de Planeamiento Territorial de Cataluña de las legislaturas 2003-2006 y 2006-2010, ampliamente conocido, con instrumentos fuertemente apoyados en la nodalidad e incluso los esfuerzos por dotar de rasgos policéntricos a Madrid, una ciudad históricamente monocéntrica⁹. Dichas políticas asumen que una distribución equilibrada del empleo y la población en núcleos espacialmente distribuidos a lo largo del territorio conlleva ventajas que mejoran no sólo la competitividad económica y la eficiencia ambiental, sino también la cohesión social, ya que la reducción de los movimientos pendulares mejora la equidad en el acceso tanto las oportunidades laborales como a los servicios que le son consustanciales. Sin embargo, hay que reconocer que se trata de una apuesta optimista con una esencia más bien normativa que no analítica¹⁰. De hecho, los supuestos beneficios del policentrismo tienen una base aún poco sólida e incluso, en algunos casos, contradictoria¹¹.

En España el estudio del policentrismo ha consolidado, en el decurso de los últimos diez años, una gran tradición que destaca en el contexto europeo. Importantes esfuerzos se han hecho para:

- a) Caracterizar la estructura de nuestras ciudades y regiones¹²,
- b) Crear nuevos métodos para identificar subcentros¹³,
- c) E incluso poner en tela de juicio la conceptualización de los mismos subcentros por parte de las disciplinas tradicionales¹⁴.

Buenos referentes de esa tradición son los monográficos dedicados a este tema en las revistas *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno*¹⁵; y *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*¹⁶. A pesar de lo anterior, poco o nulo interés se ha puesto en lo que parece esencial en el estudio del policentrismo, es decir, en su relación con la eficiencia de la urbanización.

⁷ Meijers, 2008

⁸ Clark *et al.* 1994

⁹ Santiago, 2006

¹⁰ Green, 2007

¹¹ Boix y Trullén, 2012

¹² Muñiz, *et al.* 2003; García-López, 2007; Muñiz y García López, 2009; Aguirre y Marmolejo, 2010; García-López y Muñiz, 2010; Gallo *et al.* 2010; Fera, 2010; Pillet *et al.* 2010; Solis *et al.* 2012; García-López, 2010

¹³ Trullén y Boix, 2000; Ruiz y Marmolejo, 2008; Marmolejo y Cerda, 2012; Marmolejo *et al.* 2013

¹⁴ Roca *et al.* 2009

¹⁵ Núm. 18, 2012

¹⁶ Núm. 176, 2013

En este artículo se ofrecen los primeros resultados de un programa empírico cuyo cometido principal es probar la relación que existe entre el desarrollo urbano policéntrico y los patrones de comportamiento espacial de la población ocupada. En concreto se analiza la distancia recorrida por las personas trabajadoras, elemento que goza de una gran popularidad en la literatura especializada¹⁷. Así, a partir de los datos de la matriz de movilidad del censo del 2001, se estudian los patrones de movilidad laboral en los 764 municipios que conforman las 7 grandes ciudades reales españolas. Primero se compara la longitud de los desplazamientos laborales en las diferentes áreas metropolitanas, y para ello, se controla el hecho de que son diferentes en tamaño (población, superficie territorial y área urbanizada) y forma (geometría, topografía y continuidad de la urbanización). Una vez controlada la forma y el tamaño, se explora la relación que existe entre el desplazamiento y la estructura urbana (nivel de policentrismo). Finalmente, se estudian otros factores urbanísticos (medios de transporte, balance de usos del suelo, diversidad residencial, etc.) y del mercado de trabajo (cualificación, diversidad del empleo, etc.) que incentivan la movilidad no explicada por la el tamaño, la forma y la estructura metropolitana.

El resto del artículo se estructura así: 1) primero se realiza una breve revisión de la literatura previa, 2) luego se plantea la metodología general, los datos y casos utilizados, 3) a continuación se estudia la relación entre policentrismo y movilidad, 4) para luego explorar el impacto sobre el exceso de movilidad del resto de factores que están allende del tamaño, la forma y la estructura metropolitana. En las conclusiones los principales hallazgos son puestos en perspectiva.

Estructura urbana y movilidad en la literatura

La relación entre uso del suelo y transporte es una constante en todos los modelos urbanos, de hecho algunos, como los acuñados por la economía urbana asumen que el *trade off* entre el coste de transporte y la renta del suelo determinan la localización residencial¹⁸: los trabajadores están dispuestos a viajar *sólo* hasta el punto en el que su coste marginal de transporte se equipara al ahorro marginal en la vivienda, generando de esta manera la triada trabajo-transporte-vivienda. Dichos modelos, sin embargo, se han convertido en diana de un importante criticismo, no sólo porque el sujeto de estudio se ha trasladado desde el transporte a la movilidad¹⁹ y por tanto a las decisiones individuales que la motivan; sino también porque las decisiones locativas dependen cada vez menos del sitio del trabajo. En efecto, la elección residencial y su relación con la localización del empleo ha perdido solidez ante la emergencia de nuevos fenómenos como la flexibilización laboral (que implica también movilidad), los cambios demográficos (relacionados con la formación de hogares, el incremento de la esperanza de vida y de trabajadores por hogar), las TIC (que permiten el trabajo equidistribuido y la toma de decisiones a distancia), el aumento del nivel de renta que alimenta la cultura del ocio, la valoración de la calidad de vida asociada a las amenidades del entorno de la vivienda, etc.²⁰ Todo ello ha producido una mayor flexibilidad en la forma en cómo tanto las empresas como los hogares toman sus decisiones locativas, produciendo un

¹⁷ Sohn, 2005

¹⁸ Mills, 1972

¹⁹ Miralles, 2002

²⁰ Champion, 2001; Flamm y Kaufmann, 2006

debilitamiento de la relación vivienda-empleo. Además, esa flexibilización también se ha visto facilitada por la mejora en la tecnología del transporte tanto público (p.e. integración tarifaria, información sobre las redes y su funcionamiento) como privado, con sus innovaciones tecnológicas que facilitan la conducción (p.e. embragues automáticos, conducción geoasistida), la hacen más segura (p.e. *airbags*, etc.), la diversifican (p.e. motocicletos, biplazas, etc.) y generan productos derivados (p.e. *car sharing*, coches/buses de empresa, zonas verdes, etc.). Así la contracción espacio-temporal de las últimas décadas ha irrumpido de forma desconcertante sobre la vida social²¹, incluida la movilidad laboral. Quizá por todo ello, y volviendo a la teoría fundacional de la economía urbana, ha resultado difícil en los trabajos empíricos asociar la variación de la renta del suelo residencial a la localización del empleo²².

Lo anterior, sin embargo, no anula la relación entre la estructura urbana y la movilidad, sino simplemente deja claro que no se trata de una relación causal unívoca. La literatura que ha estudiado dicha relación ofrece dos aproximaciones claramente diferenciadas que se revisan a continuación.

La relacionada con la forma como se co-localizan intrazonalmente el empleo y la población

Desde una perspectiva intrazonal hay un debate abierto sobre el impacto que produce el balance empleo/vivienda sobre la movilidad laboral. Una zona se considera equilibrada cuando la población ocupada puede obtener un trabajo dentro de una distancia razonable. De manera que los desequilibrios ocurren cuando el número de empleados que pueden residir en el mismo sitio difiere sustancialmente del número de empleos. Así el superávit o déficit de trabajadores produce, necesariamente, viajes entre las diferentes zonas del sistema urbano²³. En ese sentido, a finales de la década de 1980 en los EE.UU. apareció un conjunto de trabajos empíricos que analizaron hasta qué punto el desbalance empleo/población, y más en el fondo aún el *zoning* exclusivo, era el responsable del espectacular incremento de los desplazamientos laborales y la congestión. Dichos estudios encontraron una relación exigua, y no lineal, entre la estructura de usos del suelo (empleo/vivienda) y la longitud de los desplazamientos laborales²⁴: sólo los desequilibrios acentuados parecían producir efectos significativos sobre la movilidad. Por el contrario, sus autores concluyeron que la decisión residencial está basada en muchos factores, además de la separación vivienda-trabajo, tales como la calidad del entorno, la seguridad percibida²⁵ y los servicios del consumo incluido el ocio²⁶. Puede ser que la debilidad de dichos resultados resida precisamente en la simplificación del estudio de la co-localización, especialmente en las ciudades dónde la elección residencial está *más estrechamente condicionada* por el libre mercado, y por ende debe tenerse en cuenta también el nivel adquisitivo de los hogares así como sus gustos y necesidades en relación a la vivienda²⁷. Igualmente inadecuada resulta la construcción del ratio empleo/vivienda, puesto que los cambios en las estructuras

²¹ Harvey, 1990

²² Roca y Clusa, 200

²³ Cervero, 1989; Giuliano y Small, 1993

²⁴ Peng, 1997

²⁵ Wachs y Taylor, 1993; Giuliano y Small, 1993

²⁶ Aguilera y Mingnot, 2004

²⁷ Giuliano y Small, 1991

demográficas suponen que en un solo hogar pueda haber dos e incluso más personas ocupadas. No basta, por tanto, que haya un equilibrio cuantitativo en el destino de los usos del suelo para contener la movilidad; debe también haber una correspondencia cualitativa en la cual la diversidad de vivienda pueda satisfacer las diferentes demandas residenciales de los empleados locales.

La relacionada con la forma en la que se distribuyen a escala metropolitana la población y el empleo

La idea que la estructura espacial de los sistemas metropolitanos incide sobre los patrones y la magnitud de los desplazamientos no es nueva: “El policentrismo es identificado como una forma más eficiente ya que reduce los tiempos de desplazamiento laboral, y por tanto, los costes. En dicho razonamiento la ciudad monocéntrica se torna ineficiente ya que el crecimiento urbano produce congestión en las zonas centrales²⁸”. Lo cual supone que las actividades que se aglomeran en subcentros proveen una estructura tal que conduce a la reducción de los desplazamientos laborales al aproximarse a las zonas residenciales de los propios subcentros como de sus inmediaciones. De hecho la literatura teórica del policentrismo apoya la hipótesis que los subcentros, en un sistema autorganizado, emergen precisamente como consecuencia del incremento del tamaño de las ciudades y de la congestión²⁹. Esta hipótesis fue comprobada por McMillen y Smith³⁰ en 62 áreas metropolitanas de los EE.UU., al ratificar que efectivamente existe una relación entre el número de subcentros, el tamaño urbano y el coste de desplazamiento. Pero ¿Significa eso automáticamente que el policentrismo reduce dichos desplazamientos? Cervero y Wu³¹ encontraron que los desplazamientos en el centro de San Francisco eran un 30% más largos que en los centros periféricos (p.e. Silicon Valley), y que por tanto el desarrollo polinucleado reducía los desplazamientos. Asimismo, Aguilera³² confirmó este hallazgo en las tres principales ciudades francesas, en donde la existencia de subcentros permite que los residentes de las periferias tengan viajes más cortos, si bien no viven en las inmediaciones de los subcentros, y por tanto no son tan cortos como lo presupone la teoría.

Empero, desde una perspectiva diacrónica Cervero y Wu³³ concluyeron que la descentralización concentrada del empleo, es decir el reforzamiento del policentrismo en San Francisco, no estaba asociado con una reducción en la distancia recorrida por los trabajadores, tal y como lo apuntara ya Baccaini³⁴ para el caso parisino debido a la descentralización paralela de la población. Así, el cambio de la estructura espacial del empleo podría quedar opacado por el cambio en la estructura espacial de la población ocupada. Resultados que contrastan con los encontrados por Gordon *et al.*³⁵ en Los Ángeles para el periodo 1970-1980, según dichos autores en un escenario en el cual la población se dispersa y el empleo se aglomera en torno a algunos subcentros, la

²⁸ Clark y Kuijpers-Linde, 1994; p. 3-4

²⁹ Fujita y Ogawa, 1982

³⁰ McMillen y Smith, 2003

³¹ Cervero y Wu, 1997

³² Aguilera, 2005

³³ Cervero y Wu, 1998

³⁴ Baccaini, 1997

³⁵ Gordon *et al.* 1986

emergencia del policentrismo reduce los desplazamientos laborales debido a un incremento en el número de viajes en los *counties* periféricos. Dichos resultados, en principio contradictorios, podrían converger si en vez de analizar la distancia recorrida se hubiese analizado el tiempo de desplazamiento, debido a que las localizaciones periféricas gozan de menos congestión. Utilizando el tiempo y no la distancia recorrida Sultana³⁶ encontró que, en Atlanta, los núcleos de empleo más dispersos presentan ventajas en términos de tiempo de desplazamiento en relación a los núcleos de empleo más centrales, asimismo, que cuanto más grande es el núcleo mayor es el tiempo de viaje; sin embargo, hay que advertir, que dicha ciudad, según la propia autora, es una de las más congestionadas. Por tanto la menor duración de los viajes hacia los subcentros puede enmascarar recorridos más veloces y por ende más largos, y además en automóvil, como ya fuese comprobado en San Francisco por Cervero y Wu³⁷.

De los estudios revisados únicamente el de Aguilera³⁸ aúna las dos perspectivas anteriores al explorar hasta qué punto una estructura policéntrica incentiva, con el paso del tiempo, la co-localización empleo/vivienda. Su estudio, realizado en París, Lyon y Marsella para el periodo 1990-2000 reveló, como se ha dicho antes, que desde una perspectiva sincrónica efectivamente los subcentros permiten la existencia de recorridos más cortos; pero desde una perspectiva dinámica pierden fuelle en su capacidad de articulación de los mismos. De esta manera, en el periodo estudiado, existe una progresiva reducción de la autocontención y la autosuficiencia de los subcentros de dichas ciudades, es decir, que cada vez menos población ocupada trabaja en ellos; y a la vez, las empresas situadas en ellos atraen empleados de sitios cada vez más lejanos. Al mismo tiempo sus residentes ocupados se desplazan *progresivamente* bien a otros subcentros, bien a sus periferias a trabajar. De manera que el policentrismo no parece reforzar ni la co-localización empleo-vivienda ni reducir, con el paso del tiempo, la longitud de los desplazamientos laborales. En el mismo sentido se afilian las conclusiones de Miquel Ángel García-López³⁹ quien, usando datos de la evolución demográfica en Barcelona en el periodo 1991-2005, encontró un reforzamiento del papel que juegan las infraestructuras viarias en la distribución de la población en detrimento de la histórica influencia del centro y los subcentros.

Puede que las contradicciones halladas en los trabajos anteriores tengan su origen en:

- a) La gran simplificación con la que se ha estudiado tanto el empleo como la vivienda. Puesto que es evidente que existe una gran divergencia entre las cualificaciones de la oferta y la demanda de trabajadores, como en la oferta y demanda de viviendas. Por tanto, el mercado laboral y el residencial sólo entrarán en interacción si las personas pertenecen al mismo nicho laboral y tienen las mismas necesidades/capacidades residenciales. En ese sentido Van der Laan⁴⁰ y Schwanen *et al.*⁴¹ concluyen que el policentrismo sólo reduce los desplazamientos si el mercado de trabajo suburbano (estructurado por los subcentros) es independiente del

³⁶ Sultana, 2000

³⁷ Cervero y Wu, 1997

³⁸ Aguilera, 2005

³⁹ Miquel Ángel García-López, 2010

⁴⁰ Van der Laan, 1998

⁴¹ Schwanen *et al.* 2001

mercado de trabajo central; de lo contrario se producen recorridos largos entrecruzados.

- b) El hecho que no se haga una diferenciación entre *dos tipos de subcentros: por una parte*, aquellos maduros que provienen de la integración de centros antiguamente independientes con una mayor diversificación de su base económica, fijación de su población y con más servicios; y, *por otra parte*, aquéllos emergentes que provienen de desarrollos recientes de nueva planta, producidos por crecimiento por descentralización, ubicados en zonas que difícilmente pueden proveer trabajadores suficientes o suficientemente cualificados, y que por ende impiden la vinculación local entre la población ocupada y los empleos localizados.

En este trabajo intentamos controlar ambos aspectos en la forma en cómo se explicita en el epígrafe siguiente.

Métodología, datos y casos de estudio

De forma sintética la metodología consiste en tres grandes bloques: 1) En el primero se delimitan las ciudades “reales” (es decir, aquellas articuladas por relaciones funcionales), se identifican sus centros y subcentros, 2) luego se caracteriza la movilidad laboral mediante la construcción de indicadores simples de distancia recorrida, que se ponen en relación con el nivel de policentrismo de cada ciudad, y 3) finalmente se construye un indicador de exceso de movilidad para regresarlo sobre diversas características del tejido urbano y el mercado residencial-laboral.

Delimitación e identificación de subcentros

De las dos grandes familias de identificación de subcentros que existen (para un concienzudo estudio de los métodos de identificación de subcentros pueden consultarse los trabajos de Ureña *et al.*⁴², Marmolejo *et al.*⁴³ y Boix y Trullén⁴⁴), en este trabajo usamos la basada en el análisis de los flujos de personas. En concreto, replicamos el método propuesto por Josep Roca y su equipo de trabajo⁴⁵ basado en el valor de interacción⁴⁶. Dicho método, a los intereses que ocupan a la presente investigación tiene dos bondades sobre otros, a saber: 1) permite identificar los límites de los sistemas metropolitanos, 2) a partir de un proceso de-abajo-hacia-arriba identifica los subcentros y sus *hinterlands* (subsistemas) a la vez.

⁴² Ureña *et al.* 201

⁴³ Marmolejo *et al.* 2013

⁴⁴ Boix y Trullén, 2012

⁴⁵ Roca, Moix y Arenallo, 2012

⁴⁶ El valor de interacción es un indicador que mide “la fuerza” con la que se vinculan dos municipios de forma recíproca y normalizada por su tamaño en términos de empleo y población ocupada. Su expresión matemática es como sigue:

$$V_{ij} = \frac{F_{ij}^2}{POR_i LTL_j} + \frac{F_{ji}^2}{POR_j LTL_i}$$

Donde, F_{ij} y F_{ji} son los flujos recíprocos entre los municipios i y j ; POR es la población ocupada residente y LTL son los puestos o lugares de trabajo localizado (en el caso de la movilidad laboral).

Construcción de indicadores de desplazamiento

La matriz de movilidad utilizada es una matriz origen destino simple a escala municipal, por tanto, para calcular la distancia recorrida por las personas ocupadas se ha realizado una estimación a partir de la red viaria y siguiendo un procedimiento de optimización de rutas en TransCAD. Los desplazamientos de la población ocupada que trabaja en su mismo lugar de residencia (*resident workers*) se ha calculado a partir del análisis de la superficie urbanizada real de cada municipio⁴⁷. Asimismo, la matriz analizada responde únicamente a los viajes con origen y destino dentro del área estudiada, excluyendo, de esta manera, los desplazamientos laborales intermetropolitanos o la movilidad laboral desde la segunda residencia.

Cálculo del exceso de movilidad

El indicador de exceso de movilidad se construye como el cociente entre la distancia recorrida real y la distancia “requerida”. La distancia “requerida” es la mínima que habría de recorrer la población ocupada habida cuenta de: a) la distribución espacial de su lugar de residencia, b) la distribución espacial del empleo, y c) la red viaria que vincula unos sitios con otros. Por tanto la distancia “requerida” es la que minimiza el esfuerzo global para desplazar al conjunto de la población de su lugar de residencia al lugar de trabajo disponible más cercano. Este indicador, como se ve, es robusto ante: a) las variaciones morfológicas (tamaño y forma) de las áreas metropolitanas, y b) a sus diferentes estructuras (monocentrismo/policentrismo). Para calcular la distancia “requerida” se ha utilizado el *optimal commuting index*⁴⁸ de White⁴⁹ con el concurso de TransCAD y la red viaria intrametropolitana. De esta manera si el cociente es 1 quiere decir la distancia recorrida real es la misma que la mínima requerida, y si es mayor a 1 quiere decir que existe un *exceso de movilidad*.

Los datos utilizados en esta investigación provienen fundamentalmente de:

⁴⁷ En concreto se ha supuesto, por facilidad, que la superficie urbanizada se distribuye en un círculo, y posteriormente se ha calculado otro círculo interior cuya superficie equivale a la mitad de la del círculo exterior, así la distancia recorrida es el radio del círculo interior.

⁴⁸ Dicho índice consiste en minimizar, con el concurso de un modelo de optimización:

$$CT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (C_{ij} X_{ij})$$

Sujeto a las siguientes restricciones

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = LTL_j, \quad \sum_{i=1}^n X_{ij} = POR_i \quad y \quad X_{ij} \geq 0$$

Donde C_{ij} es el coste de generalizado de transporte para ir de i a j , que en nuestro caso, responde al tiempo de viaje, ya que los estudios empíricos previos han constatado que para los *commuters* el tiempo es más importante que la distancia (Wachs y Taylor, 1993). Para ello ha sido necesario asignar a cada tramo de la red una velocidad de diseño. X_{ij} es el número de trabajadores que viajan de la zona i a la j ; POR es la población ocupada residente del sitio i de origen y LTL es el empleo o lugares de trabajo localizados del sitio j de destino. Si CT se divide por la suma de LTL tenemos el recorrido medio en este caso en minutos; a efectos de construir el indicador, los flujos son transformados en distancia. Finalmente indicar que se ha construido un modelo de optimización para cada área metropolitana estudiada.

⁴⁹ White, 1988

- 1) El Censo de Población y Vivienda del año 2001, del cual se extrae la matriz de movilidad laboral, el número de viviendas así como su destino (principal, secundario, etc.), antigüedad y superficie, la población total, la población ocupada residente y sus características como tipo de ocupación, sector en el que labora, etc. Asimismo, las características del empleo (suma sobre los destinos de la matriz de movilidad laboral) en términos ocupacionales (CNO) y sectoriales (CNAE).
- 2) El Corine Land Cover del año 2000, del cual se extrae la superficie de suelo artificializado.
- 3) La red viaria de Tele Atlas, de la cual se extraen las vías de alta capacidad/velocidad, su categorización, sus accesos e intercambiadores y se completa con información sobre peajes. Asimismo, sobre la base de dicha cartografía, se calculan, con el concurso del SIG TransCAD las distancias viarias entre municipios.
- 4) Una digitalización propia de la red de estaciones ferroviarias tanto del servicio de cercanías como del metro (cuando existe).
- 5) El modelo digital del territorio, del cual se extraen indicadores de la naturaleza orográfica sobre la que se asientan las ciudades estudiadas.

Con esta información se construyen los indicadores antes mencionados, así como otros cuyo cálculo será explicitado oportunamente más adelante.

Los casos de estudio constituyen siete de las grandes ciudades españolas: Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Sevilla, Zaragoza y Málaga. Estos sistemas en conjunto aúnan 764 municipios, con una superficie urbanizada de 2.582 km², distribuida en un territorio de 32.412 km², en la que habitaban, a fecha censal (2001) 16,2 millones de personas, de las cuales 6,32 millones estaban ocupadas. En el conjunto de las 7 áreas metropolitanas, siguiendo la metodología antes indicada, se han identificado 80 subcentros. Los centros metropolitanos acaparan un 62% del empleo, mientras que los subcentros un 13%, por tanto las centralidades (centros + subcentros) detectadas son el destino de la inmensa mayoría de los flujos estudiados. Tal y como se aprecia en la figura 1 en la página siguiente.

Policentrismo y movilidad

Según nuestros cálculos en las principales ciudades del estado español a fecha del Censo del 2001 las personas ocupadas recorrían aproximadamente unos 56 millones de kilómetros para llegar de su hogar a su lugar de trabajo. Si consideramos que en dichas ciudades trabajaban unos 6,3 millones de personas, entonces los residentes ocupados de las grandes metrópolis españolas recorrían, de media, unos 8,9 km (o el doble si se considera el viaje de regreso⁵⁰). Esa media es variopinta, y se mueve entre 6,1 km para el caso zaragozano hasta 11 km para el madrileño. Naturalmente detrás de dicha cifra está el tamaño urbanizado de la metrópoli, por eso no es de extrañar que el recorrido medio más pequeño corresponda precisamente a la menor de las metrópolis, es decir a Zaragoza y viceversa. Si bien, tampoco puede ligarse directamente al tamaño del área efectivamente urbanizada, debido a la existencia, hacia el interior de las metrópolis, de

⁵⁰ En esta hipótesis las personas van y vuelven a sus hogares sin desviarse de las rutas óptimas ni realizar encadenamientos con otros motivos, se trata por tanto de una simplificación.

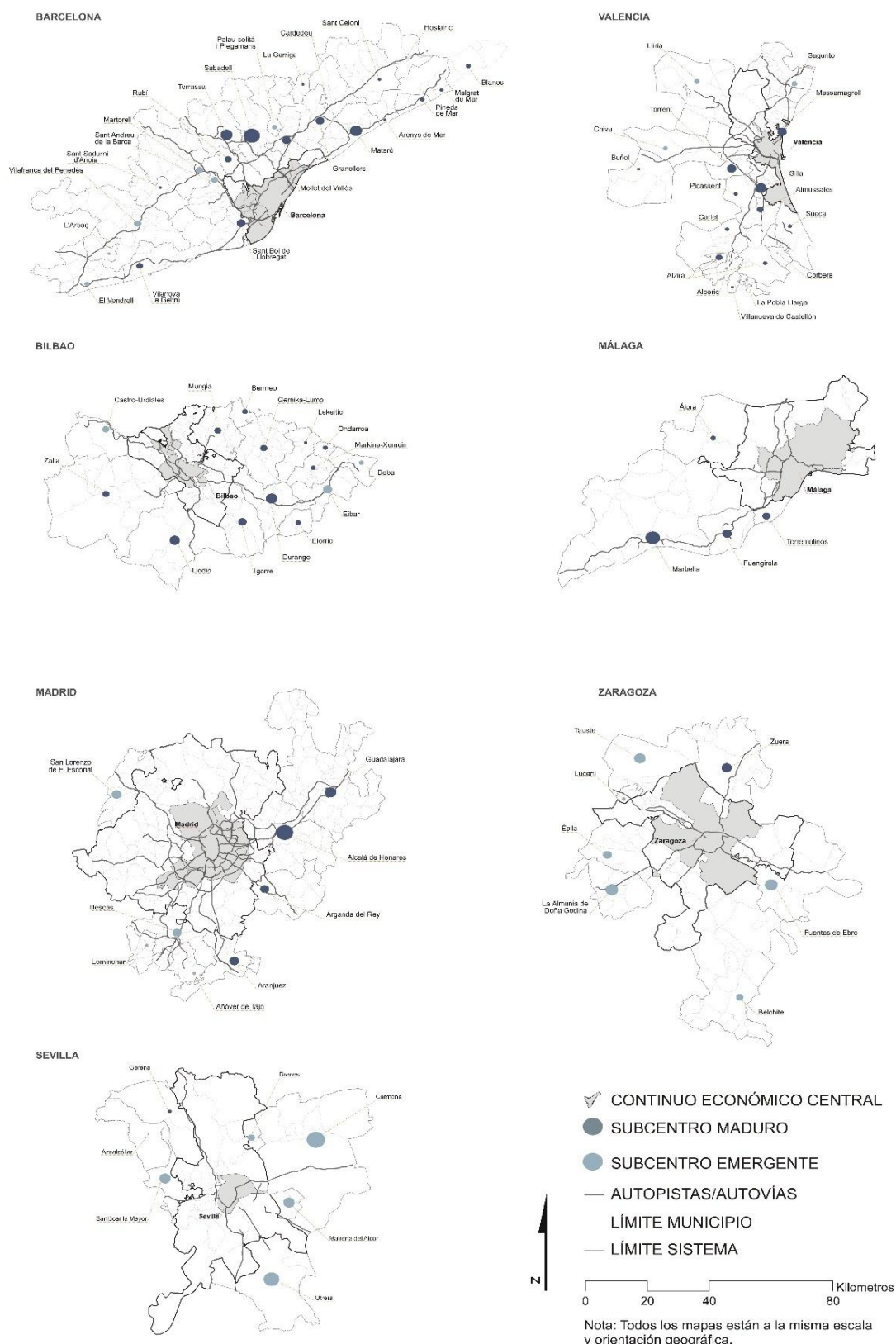
accidentes orográficos, hidrográficos, áreas de reserva natural, zonas agrícolas o simplemente el mar que tienen un claro impacto sobre la forma (geometría, continuidad y topografía) de la ciudad. Por tanto, además del tamaño la forma de las ciudades debe tener alguna influencia sobre las distancias recorridas por la población.

Para tomar en consideración ambas cosas a la vez, es decir el tamaño y la forma, hemos construido un modelo de referencia de movilidad máxima, que por simplicidad corresponde al monocéntrico perfecto. En dicho modelo toda la población ocupada se desplaza, desde el sitio en donde efectivamente reside, al centro metropolitano en donde se supone concentrado todo el empleo. A continuación, sobre la base de dicho modelo, se calcula el recorrido del conjunto de la población desde sus lugares de residencia hasta el centro, y se compara con el recorrido real observado, luego se extrae el ratio del segundo sobre el primero. De esta manera cuanto más cercano a 1 es dicho ratio, mayor es la movilidad una vez controlado el tamaño y la forma, toda vez que el modelo monocéntrico en destino es *uno* de los que maximizan los desplazamientos⁵¹. El ratio construido puede interpretarse, por tanto, como un ratio de movilidad relativizada por el tamaño y la forma.

El cuadro 1 ilustra, con meridiana claridad, que Madrid, Zaragoza y Sevilla son las áreas metropolitanas en las cuales el desplazamiento real del conjunto de la población ocupada se aproxima más al modelo de movilidad (máxima) monocéntrico y por tanto el recorrido diario relativizado es mayor. Muy por el contrario, Barcelona, Valencia, Bilbao y sobre todo Málaga, son las áreas en las cuales el desplazamiento real del conjunto de la población ocupada se aleja más del modelo de movilidad máxima (monocéntrico) y por tanto el recorrido relativizado es el menor. Así por ejemplo, la población ocupada residente (POR) en el área metropolitana de Barcelona recorre unos 14,9 millones de kilómetros, si todo el empleo estuviese concentrado en su centro, el recorrido tendría que ser de unos 31,28 millones de km, con lo cual el ratio es de 0,48 (14,9/31,28), es decir la movilidad real es un 48% de la máxima que supone el modelo el modelo distópicamente monocéntrico. En Madrid, la POR se desplaza unos 25,6 millones de km, pero si Madrid fuese perfectamente monocéntrica entonces dicho desplazamiento escalaría hasta los 36,8 millones de km, siendo el ratio de 0,70 (25,6/36,8) es decir la movilidad real madrileña es un 70% de la máxima del modelo monocéntrico. Así pues, las dos grandes áreas metropolitanas en España, con una población y superficie muy similar (siendo Madrid un 25% y un 15% más grande en términos de empleo y superficie artificializada respectivamente), tienen patrones de movilidad muy diferentes, incluso después de haber ponderado la forma y la diferencia de tamaños de las mismas.

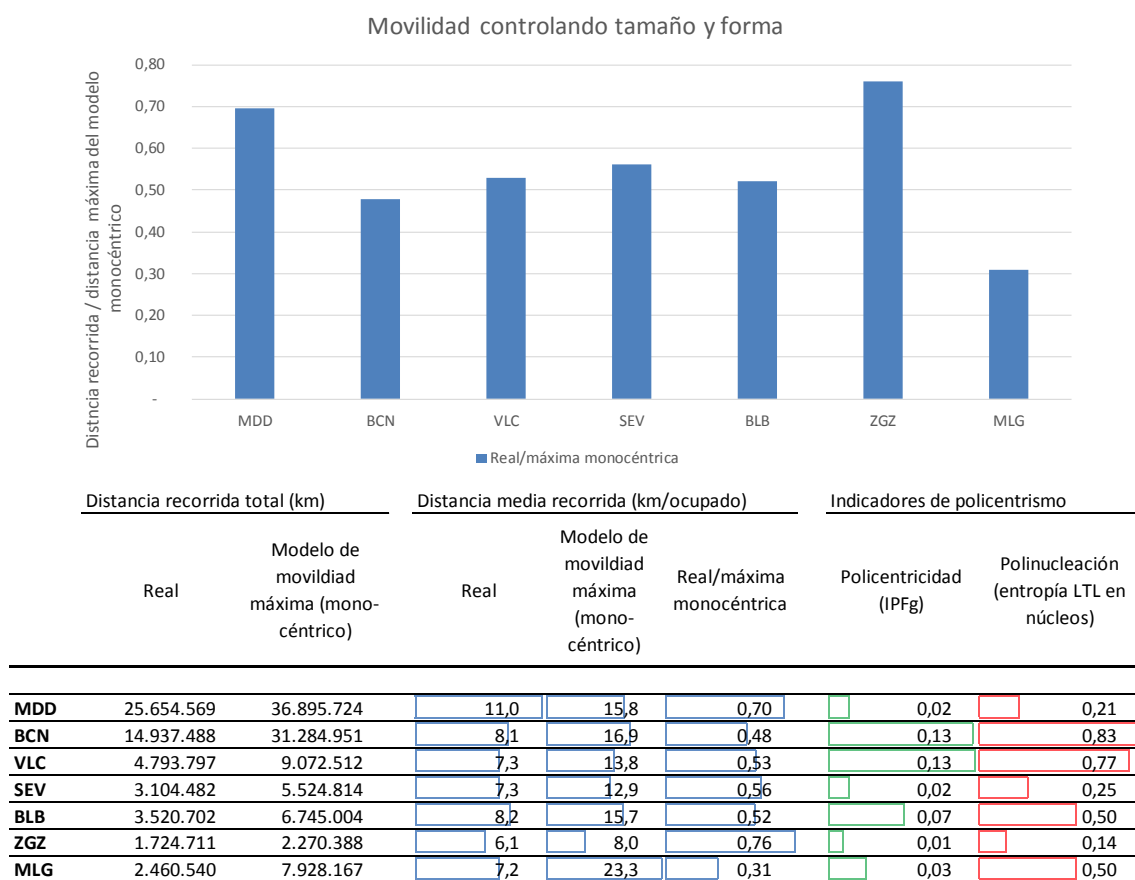
⁵¹ Naturalmente la situación en la cual se máxima la movilidad es aquella en la cual la cual: 1) la autocontención es cero, es decir, nadie trabaja en la zona donde vive, y además, 2) el sitio de trabajo se halla ubicado en la localización más lejana a la de la residencia. Situación, por otro lado, absurda y que no responde tampoco al modelo de ciudad dispersa en el cual existe una dispersión en la que se adivinan centralidades y ejes viarios de estructuración.

Figura 1.
Límites y estructura metropolitana de las ciudades estudiadas



Fuente: Elaboración propia

Cuadro1.
Movilidad observada, monocéntrica e indicadores de policentrismo



Fuente: Elaboración propia

Una vez controlado el tamaño y la forma, lo natural es preguntarse si la estructura policéntrica tiene relación con la movilidad. Para contestar esta pregunta hemos construido los gráficos de dispersión de la figura 2 inferior, en dichos gráficos en el eje de las ordenadas se han dispuesto sendos indicadores del policentrismo, a saber:

1. La *polinucleación*⁵², que mide el número de núcleos, su importancia relativa como concentraciones del empleo metropolitano y su equipotencialidad en los mismos términos⁵³
2. La *policentricidad*⁵⁴, que mide la intervencionalidad funcional de los subcentros con el resto de los subcentros y el *hinterland* que cohesionan⁵⁵.

⁵² Marmolejo et al. 2012

⁵³ Dichos autores calculan la polinucleación a través del indicador de entropía de Shannon:

$$H_m = -1 * \sum_i^n PLTL_i \cdot \ln(PLTL_i)$$

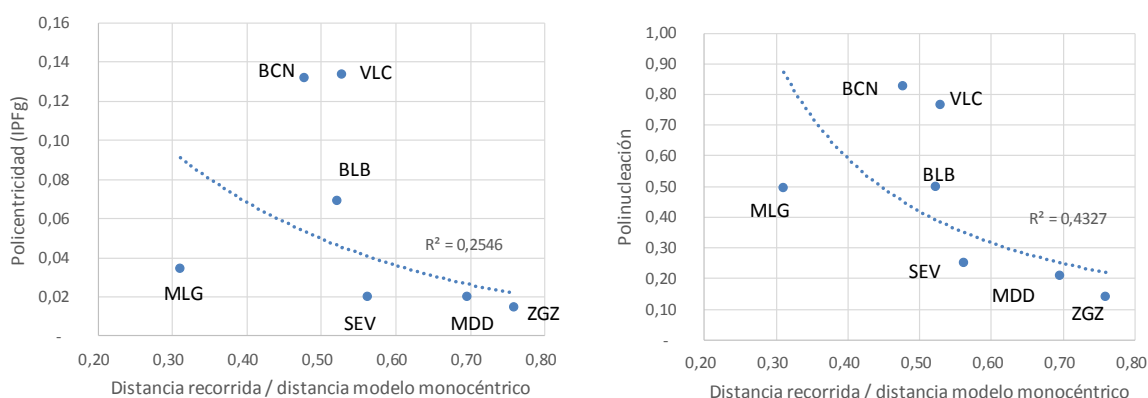
Donde, H es el nivel de entropía en la distribución de empleo dentro de los núcleos i de un área metropolitana m determinada y P es la probabilidad de encontrar empleo (LTL) en cada uno de los i núcleos. De esta manera si el empleo estuviese perfectamente disperso no habría subcentros y por ende H sería cero; en cambio cuantos más subcentros y más equipotencialidad en la distribución del empleo entre ellos haya, mayor es H. Se trata por ende de un indicador estrictamente morfológico, que tiene en cuenta: a) el número, b) tamaño, y c) equipotencialidad de los subcentros.

Cuanto más grande es el valor de ambos indicadores mayor es la forma y el funcionamiento policéntrico respectivamente.

Como se aprecia, en la referida figura 2, existe una clara relación de inversa proporcionalidad entre la movilidad relativizada y el policentrismo, de hecho la línea de mejor ajuste sugiere una relación exponencial inversa, con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0,25$ para la polinucleación y $r^2 = 0,43$ para la policentricidad respectivamente. Es decir, cuanto mayor son los rasgos policéntricos de las metrópolis, menor es la movilidad de las personas ocupadas una vez ponderadas las diferencias de tamaño y forma.

Relación que sería aún mayor si se eliminase el caso malagueño que tiende a comportarse como un *outlier*. En los estudios previos⁵⁶ Málaga ya había sido señalada como un caso especial, que morfológicamente tiende a la bipolaridad (Málaga-Marbella), y que es más policéntrica en términos formales que no funcionales (de hecho es el único caso español en dónde el centro envía más *commuters* a su periferia que no al revés). Ahora podemos añadir, a lo dicho previamente, que su movilidad es menor que la esperada dado su nivel de policentrismo.

Figura 2.
Relación entre los indicadores de policentrismo y la movilidad relativizada



Fuente: Elaboración propia.

⁵⁴ Marmolejo *et al.* 2013

⁵⁵ Marmolejo *et al.* 2013b. Dichos autores recuperan la formulación del policentrismo funcional del Green (2007) para calcular el nivel de intervencionalidad de los subcentros, que en el caso de Marmolejo *et al.* (2013) se trata de subsistemas urbanos. Desafortunadamente no hay espacio aquí para desarrollar la formulación matemática del indicador, que puede ser oportunamente consultada en el trabajo referenciado, baste decir que el indicador de policentricidad adopta valores entre 0 y 1. Si tiende a cero quiere decir que el sistema tiende al monocentrismo funcional, con un centro importante en términos de empleo, y que además, monopoliza el destino de los flujos de trabajadores de otras zonas. Si el indicador tiende a uno quiere decir que el sistema tiende hacia la policentricidad funcional, puesto que existe un reparto más “democrático” o plural de los flujos entre las zonas, es decir, no hay zonas que dominen como destinos, ni otras que queden rezagadas y por ende aisladas.

⁵⁶ Este continuo central se ha definido como el conjunto de municipios integrados funcionalmente (por vía del VI) al municipio central, y además con una densidad de LTL superior a 700 LTL/km², criterio este último retomado de la metodología de GEMACA y del proyecto Polynet. Es importante señalar que en los siete sistemas urbanos todos los CEC están formados por municipios conurbados, entendiendo como tales aquellos municipios cuyos tejidos urbanizados se encuentran a menos de 200 m. de separación.

En dichos gráficos también destaca la evidente contraposición de Madrid y Barcelona, la primera fundamentalmente monocéntrica, tanto morfológica como funcionalmente, y la segunda la más policéntrica de cuantas grandes ciudades hay. Ambas situadas en extremos contrarios en cuanto a la longitud de los desplazamientos de sus residentes.

Así pues, puede concluirse que efectivamente el policentrismo incide sobre el recorrido pendular de la población ocupada, que cuanto mayor es el número de subcentros, más equipotenciales son y mayor el empleo concentrado en ellos (policentrismo morfológico o polinucleación) menor es la distancia recorrida por las personas trabajadoras; y que cuanto mayor es la intervenculación de los subcentros con otros y el hinterland al que dan estructura (policentrismo funcional o policentricidad) menor es dicho recorrido. Poco se equivocan, por tanto, los *policy makers* europeos, continentales y regionales, al ver en el desarrollo urbano y territorial policéntrico una alternativa sostenible a la macrocefalia y al *urban sprawl*, al menos desde la perspectiva de la movilidad cotidiana de la población y sus repercusiones sociales y ambientales.

¿Difieren los patrones de movilidad de la población según resida o no en los subcentros?

Hasta ahora hemos visto que cuanto mayores son los rasgos policéntricos en nuestras áreas metropolitanas menor es, una vez tenido en cuenta el tamaño y la forma, la distancia a la que se ven obligados a recorrer sus habitantes. Sin embargo, hace falta profundizar un poco más sobre la diferencia en los patrones de movilidad de los residentes de los diferentes entornos que integran nuestras ciudades. Para ello, los municipios de cada ciudad real han sido clasificados en cuatro categorías que responden a cuatro entornos urbanos claramente diferenciados, a saber:

- 1) Aquellos que, junto con el municipio central, conforman el continuo económico central (CEC)⁵⁷, es decir el centro metropolitano *real*.
- 2) Aquellos que por estructurar flujos en su entorno pueden ser considerados subcentros, y dentro de estos
 - a. Aquellos que podríamos llamar subcentros maduros en atención a la antigüedad de su tejido edificado⁵⁸.
 - b. Aquellos que podríamos categorizar como subcentros emergentes según el criterio comentado en el punto anterior.

⁵⁷ Desde luego que la antigüedad del parque edificado no es el mejor de los indicadores, puesto que las dinámicas de crecimiento urbano producen procesos de regeneración urbana; sin embargo, ante la ausencia de una mejor información hemos asumido el posible error, además tampoco convenía la introducción de otros indicadores como la diversidad ya que podrían producir problemas de endogeneidad en los modelos estadísticos que se ofrecen en el siguiente apartado. En concreto, sobre la base del parque edificado clasificado por rangos de años de construcción, se ha extraído un conjunto de componentes principales que luego, mediante la ayuda de un análisis de conglomerados de K-medias, ha permitido agrupar a los 80 subcentros de las áreas metropolitanas (AM) estudiadas en emergentes y maduros. Así en del conjunto de subcentros por AM son maduros en Barcelona un 66%, en Bilbao un 93%, en Madrid un 84%, en Sevilla un 73%, en Valencia un 92%, en Zaragoza un 41% y todos en Málaga.

⁵⁸ A estos efectos el continuo económico central, en tanto continuo físico y funcional, ha sido tratado como si de una sola entidad de estudio se tratase, fusionando a tales efectos los límites de los municipios hacia ellos contenidos.

- 3) Los restantes, es decir, los municipios intersticiales que se integran al área metropolitana por relaciones de dependencia directa con el centro, o indirecta a través de los subcentros.

Una vez clasificados los municipios en CEC, subcentros (maduros y emergentes), y resto, se ha procedido a caracterizar los patrones de movilidad de la población, distinguiendo, a su vez, el total del empleo, los *commuters* (personas que cambian de municipio para trabajar) y los *resident workers* (aquellas personas que trabajan en el mismo municipio de residencia).

En el cuadro 2 inferior se aprecia que en el conjunto de las 7 AM estudiadas había en el año 2001 unos 6,3 millones de personas ocupadas, de las cuales la mayor parte residían en su continuo económico central (58%), mientras que en el conjunto de subcentros vivía un 14% de la fuerza laboral de nuestras metrópolis, si bien fundamentalmente en lo que hemos llamado subcentros maduros (12%). La mayor preponderancia de los subcentros maduros sobre los emergentes deja patente el hecho que en España el policentrismo deriva más bien de procesos de integración de antiguos núcleos independientes que no de descentralización, como ya había sido apuntado por Muñiz *et al.*⁵⁹ Un 28% de la población no vive en el centro ni en los subcentros, sino en la inmensa cantidad de municipios, intersticiales y periféricos, estructurados por dicha centralidades.

De los 6,3 millones de personas ocupadas, la mayor parte (62%) trabajaba en el mismo municipio⁶⁰ donde vivían, siendo por tanto la tasa de autocontención de ese mismo 62%. No es sorprendente que la autocontención sea mayor en los CEC metropolitanos (73%), seguidos de los subcentros maduros (63%), los emergentes (60%) para caer de forma especular en el resto del territorio de baja densidad (40%). La autocontención es, por tanto, el primer indicador que deja ver que cuanto más central y maduros son los tejidos urbanísticos mayor capacidad tienen para retener a sus residentes ocupados, dado su atractivo como localización para la actividad económica. Siendo los viajes intramunicipales el principal componente de la movilidad metropolitana no es de extrañar que la variación de ésta antes discutida incida directamente en la distancia que recorren las personas. Así, en los CEC dicha distancia es de 7,5 km. por persona, en los subcentros maduros de 7,3 km., para luego escalar trepidantemente hasta los 10 km. en los subcentros emergentes y 11,9 km. en la ciudad de la baja densidad. Así las personas ocupadas que viven en las centralidades recorren menos kilómetros que las que no, tal como también se ha comprobado en Los Ángeles⁶¹ y en Francia⁶².

Llama poderosamente la atención que en el CEC la movilidad sea mayor que en los subcentros maduros, y eso sólo puede entenderse si se considera que los centros metropolitanos son los mejor conectados, y por tanto, posibilitan que su población ocupada pueda elegir con mayor alcance y libertad su sitio de trabajo, población que

⁵⁹ Muñiz *et al.* 2008

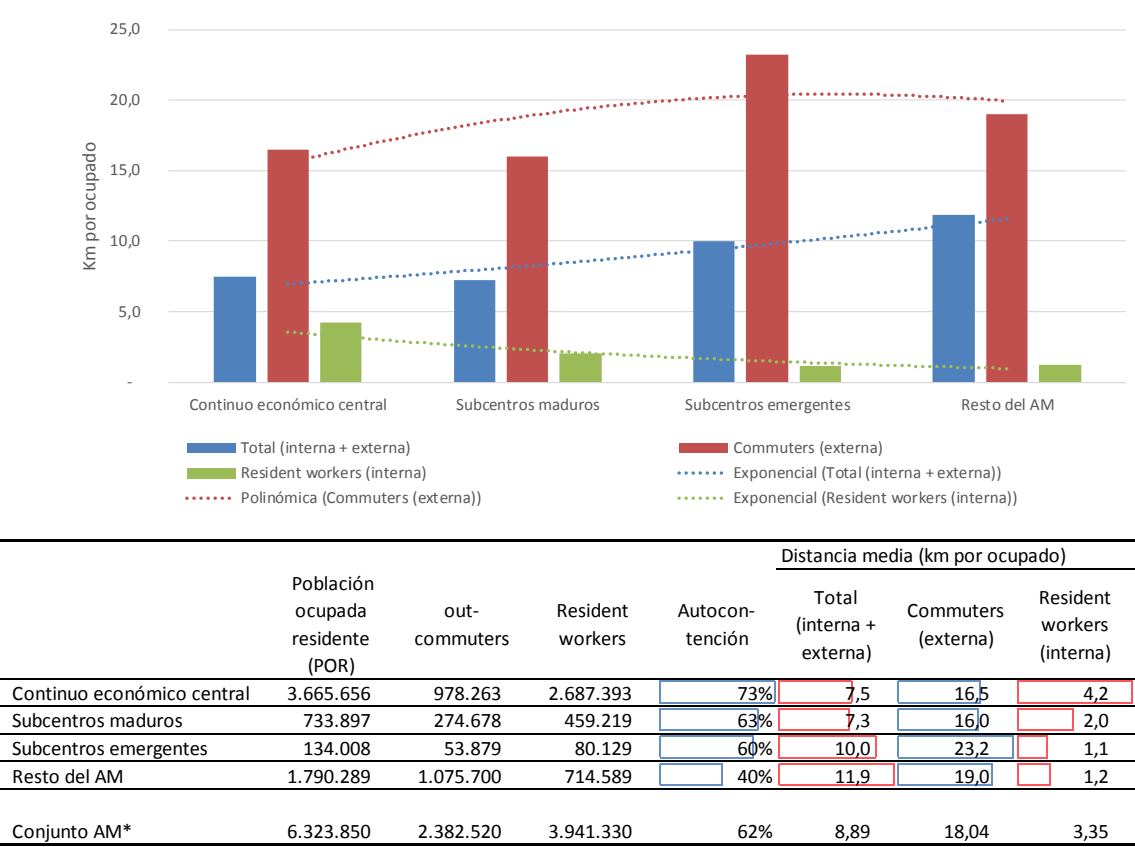
⁶⁰ Gordon *et al.* 1986

⁶¹ Aguilera, 2005

⁶² En concreto se ha usado un modelo log-lineal ya que es la expresión que mejor se ajusta a la distribución de los datos, y además permite el cumplimiento de las condiciones estadísticas para que los coeficientes del modelo MCO se consideren insesgados: homocedasticidad y normalidad de los residuos. Además se han eliminado los casos cuyo exceso de movilidad se alejaba más de dos desviaciones estándar de la media. Lo cual ha supuesto de reducir la muestra desde 764 municipios a 725.

entre otras, está compuesta por personas ocupando puestos directivos que a menudo se desplazan a los polígonos de actividad periféricos. Sin embargo, el mayor alcance de la movilidad de CEC se debe no sólo a su hipercentralidad, sino también al simple hecho que su superficie urbanizada es mayor que la de los subcentros, y por tanto, los viajes internos suponen recorridos mayores. Eso se puede apreciar en las dos últimas columnas de la derecha del Cuadro 2, en dónde la distancia recorrida se ha desagregado según se trate de viajes externos (los realizados por los *commuters*) e internos (los realizados por los *resident workers*). Con claridad se observa que el alcance espacial de los *commuters* del centro es mayor que el de los *commuters* de los subcentros maduros, al tiempo que la distancia recorrida por los *resident workers* del centro es también mayor que la de los subcentros maduros.

Cuadro 2.
Distancia recorrida por las personas ocupadas
según el municipio de residencia (conjunto de las 7 AM)



Nota: en el caso del conjunto del AM la POR y los LTL coinciden puesto que sólo se analizan los viajes intrametropolitanos

Fuente: Elaboración propia

El caso de los, pocos, subcentros emergentes es interesante. En estos casos la distancia recorrida por el conjunto de sus moradores es casi la misma que el de la ciudad de la baja densidad, y de hecho, si centramos la atención sólo en los *commuters* que viven en dichos subcentros de nueva planta, veríamos que recorren más distancia incluso que aquellos que viven en asentamientos dispersos. Es natural que así sea, ya que dichas concentraciones de empleo de nuevo cuño se han situado en enclaves estratégicos de las áreas metropolitanas que favorecen la conectividad de largo alcance sirviéndose de las redes viarias y ferroviarias en localizaciones periféricas; incluso un tanto desconectadas

de los tejidos residenciales preexistentes, lo que se ve reflejado en los patrones antes estudiados. Su baja autocontención y la expulsión de largo alcance de sus moradores ocupados es muestra del fracaso de las políticas urbanísticas de las CCAA españolas que ha permitido la proliferación de estos municipios-polígono de actividad.

Cuadro 3.
Diversidad de los orígenes de los LTL y de los
destinos de la POR por entornos metropolitanos

*Considerando **todos** los flujos*

	Diversidad de los orígenes de los LTL	Diversidad de los destinos de la POR
Continuo económico central	1,61	1,17
Subcentros maduros	1,67	1,61
Subcentros emergentes	1,91	1,69
Resto del AM	2,00	1,92

Considerando solo los flujos entre los municipios

	Diversidad de los orígenes de los LTL	Diversidad de los destinos de la POR
Continuo económico central	3,42	3,09
Subcentros maduros	2,91	2,61
Subcentros emergentes	2,86	2,46
Resto del AM	2,52	2,12

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el cuadro3 pone de relieve que la diversidad de los orígenes de los empleos (lugares de trabajo localizados) y de los destinos de la población ocupada residente tiene un correlato evidente con el nivel de centralidad: cuanto más rasgos de centralidad tienen los entornos metropolitanos menor es la complejidad en el origen y el destino de *todas* las personas que en ellos trabajan y residen respectivamente. Detrás de ello, está, sin lugar a dudas la autocontención, ya que como habíamos visto, existe una marcada tendencia de los entornos con fuertes rasgos de centralidad a retener a su población ocupada y por ende a incrementar hasta cierto punto su autosuficiencia. Sin embargo, si sólo analizamos los flujos *entre* municipios la imagen cambia radicalmente, puesto que la diversidad del origen y el destino *commuters* que entran y salen de los entornos analizados tiene una relación de directa proporcionalidad con el nivel de centralidad de los mismos, lo cual pone de relieve el poder estructurante de dichas centralidades, y naturalmente, la existencia de redes de transporte.

Todo lo anterior nos permite concluir que, no basta que exista una estructura policéntrica para reducir los patrones de movilidad, sino que también es necesario que los subcentros tengan las características que los hagan atractivos como sitio de empleo para sus propios residentes, como se estudia en el siguiente epígrafe.

Otros factores urbanísticos con incidencia sobre la movilidad

Superado el análisis morfológico (tamaño y forma) y estructural (policentrismo) procede ahora explorar el resto de factores urbanísticos que inciden sobre las pautas de movilidad. A tales efectos, como se ha explicado en el apartado metodológico, se ha construido el indicador de exceso de movilidad o *excess commuting* a partir de la movilidad “requerida” de White⁶³. Cuanto mayor es el mismo mayor es la movilidad en relación a aquella mínima que resulta de considerar conjuntamente la distribución espacial del empleo, la población ocupada y la red de transporte. De esta manera, para cada municipio de cada una de las siete áreas estudiadas se ha computado su exceso de movilidad. Dicho indicador, en su versión logarítmica⁶⁴, se ha regresado sobre un conjunto de variables urbanísticas, del mercado laboral y de la matriz territorial, que pueden adscribirse a cuatro dimensiones fundamentales, a saber:

- 1) Transporte
 - a. Estaciones de servicios ferroviarios (cercanías y metros)
 - b. Accesos y paso de vías de alta velocidad/capacidad (autovías y autopistas, controlando si son de pago o gratuitas para sus usuarios)
- 2) Estructura urbana y del mercado laboral
 - a. Diversidad tipológica de la vivienda
 - b. Ratio empleo/vivienda (total y principal), y ratio empleo/población ocupada residente (*job ratio*)
 - c. Diversidad sectorial del empleo
 - d. Desfase entre la cualificación del empleo y la población ocupada residente, y lo mismo relativo a la especialización sectorial
 - e. Empleo industrial
 - f. Distancia al centro metropolitano
 - g. Distancia al subcentro más cercano (y su inversa, para controlar efectos de corto alcance)
- 3) Otras variables de control
 - a. Complejidad orográfica
 - b. Nivel de renta
 - c. *Dummy* para cada área metropolitana

Las variables de transporte responden a que, en la literatura, es un hecho contrastado la relación entre las infraestructuras de transporte público y privado y los patrones de movilidad. Por ello, se han construido indicadores relativos a la dotación de estaciones ferroviarias con servicios metropolitanos por cada 10.000 habitantes, y lo mismo en relación a los accesos a vías metropolitanas de alta capacidad/velocidad, siempre distinguiendo entre aquellas que se pagan de las gratuitas para el usuario por los efectos diferenciales que pudiesen producirse. Asimismo, se ha computado la simple presencia de estas vías como una *proxy* de un acceso indirecto a través de la red viaria secundaria. No hay que olvidar que la existencia de accesos y pasos viarios es un indicador del

⁶³ White, 1988

⁶⁴ Flamm y Kaufmann, 2006

potencial de movilidad que no siempre se capitaliza en desplazamientos⁶⁵, porque pueden no resultar accesibles a la población.

Las variables urbanísticas tienen que ver con la diversidad de vivienda, dada la escasez de información, se ha adoptado como aproximación a la tipología de la misma su tamaño derivado del censo de vivienda⁶⁶. Se espera que cuanto mayor sea la diversidad menor sea el exceso de movilidad, por cuanto, habría una oferta residencial más diversificada para los diferentes gustos/necesidades/niveles de renta, produciendo ello un menor incentivo/obligación para desplazarse a otros municipios en búsqueda de la vivienda deseada/asequible. Por su parte el ratio empleo vivienda (se ha probado la vivienda total y sólo la principal) intenta mensurar el balance de usos de suelo entre el techo destinado a empresas y aquel ocupado por los moradores; en ese mismo sentido se ha introducido el *job ratio* (LTL/POR). Cuanto mayor es dicho equilibrio menor deberían ser los patrones de desplazamiento, siempre y cuando exista una correspondencia (ausencia de desfase) entre la cualificación de la población ocupada residente que vive en dichas viviendas y la que trabaja en las empresas, aspecto que también se ha controlado mediante el análisis cruzado de las categorías ocupacionales a 1 dígito de la CNO⁶⁷. Asimismo se ha construido un indicador similar al anterior, pero usando la CNAE, dada la existencia de sectores económicos particulares donde la especificidad de la cualificación viene dada no por el rol que las personas trabajadoras juegan dentro de las empresas, sino por la propia rama de la actividad económica a la que se dedican. En el mismo sentido se ha introducido la diversidad del empleo a 1 dígito de la CNAE. Dentro de estas variables de la estructura urbana y del empleo se ha analizado el papel que juegan los municipios especializados en empleo industrial⁶⁸, es

$$^{65} H_n = -1 * \sum_i^n PSV_i \bullet \ln(SV_i)$$

Donde, H es la diversidad de la vivienda en un municipio n , i PSV_i es la probabilidad de encontrar en el municipio n vivienda comprendida en un rango de superficie útil i . Cuanto más grande es H mayor es la diversidad de la vivienda presente, es decir, existe una mayor distribución de las viviendas en las diferentes categorías de superficie, que en este caso hacen de aproximación a la tipología de la vivienda. Puesto que una vivienda de más de 180 metros es muy probablemente una vivienda unifamiliar, mientras que una inferior a 30 metros es muy probablemente una vivienda plurifamiliar con un programa arquitectónico modesto. En concreto el Censo aporta las siguientes categorías: menos de 30m², 30-45 m², 46-60 m², 61-75 m², 76-90 m², 91-105 m², 106-120 m², 121-150 m², 151-180 m² y más de 180 m².

⁶⁶ En concreto se ha construido el indicador de desfase entre la cualificación población ocupada residente (POR) y los lugares de trabajo localizados (LTL) de la siguiente manera:

$$C_n = \sum_i^n |PTLT_i - PPOR_i|$$

Donde, C es el desfase entre la cualificación de la POR y los LTL de un municipio n , $PTLT$ y $PPOR$ son respectivamente la probabilidad de encontrar en dicho municipio empleos y población ocupada residente en una ocupación i . El censo permite distinguir: directivos/as, profesionales, científicos/as, vendedoras/es, trabajadores/as cualificados/as de la industria, etc. Como se ve este indicador varía entre 0 y 2, adoptando el valor de cero en los municipios en donde existe un perfecto equilibrio entre la estructura ocupacional de su empleo y su población ocupada residente y 2 para el caso contrario, es decir, un marcado desfase entre la oferta y la demanda de mano de obra desde la perspectiva de su cualificación.

⁶⁷ Este indicador es simplemente el porcentaje de empleo industrial, cuyo efecto sobre los modelos de regresión es exactamente el mismo que el del coeficiente de localización o especialización, al ser este segundo una transformación lineal del primero.

⁶⁸ Este indicador se ha construido de la siguiente manera: en primera instancia dentro de cada municipio se ha contabilizado la cantidad de suelo en diferentes rangos de pendiente (p.e. <5% entre 5 y 10%, entre 15 y 20%, etc.) con el concurso de un SIG y sobre la base del Modelo Digital del Terreno. Luego, sobre dichas cifras se ha calculado el indicador de diversidad de Shannon. Cuanto mayor es el mismo, mayor es

decir, los municipios polígono-industrial, cuya proliferación en las últimas décadas ha sido una constante en las periferias de nuestras áreas metropolitanas. También, se ha incluido la distancia al centro, al subcentro más cercano, y también el hecho si el municipio es o no un subcentro, para controlar los rasgos de la estructura metropolitana que hubiesen podido escapar al control que supone el propio cálculo del exceso de movilidad.

Finalmente los modelos han sido alimentados con otras variables de control, tales como la complejidad orográfica de la matriz territorial⁶⁹ sobre la que se desarrollan las diferentes áreas metropolitanas, dada la estrecha relación entre las cuencas topográficas y las funcionales⁷⁰, y por ende su presumible relación con la movilidad. El nivel de renta, medido como un indicador sintético fruto de la factorización de la estructura socioprofesional de la población ocupada residente disgregada a 1 dígito del CNO⁷¹ ha permitido controlar las diferencias en el exceso de movilidad originadas no solo por las diferencias en el nivel de renta, propias de ciudades segregadas, como las nuestras, sino también en las diferentes necesidades de movilidad que derivan de las propias actividades laborales a las que se dedica la población ocupada. Asimismo, el hecho de trabajar con una base integrada por municipios pertenecientes a diferentes realidades territoriales (p.e. situadas en diferentes CCAA con distintas leyes y políticas urbanísticas) ha hecho necesaria la introducción de una variable de control para cada una de ellas.

El cuadro 4 ofrece un primer análisis que pone en relación las características de los 4 diferentes entornos metropolitanos y las pautas de movilidad de sus residentes. Con meridiana claridad se pueden apreciar las diferencias estructurales entre el centro, los subcentros y el resto del área metropolitana. En general las diferencias entre dichos entornos responden bastante al paradigma centro-periferia. Así, podemos decir que los centros son más densos, más diversos (en cuanto a su estructura económica), poseen un menor desfase entre la cualificación de su oferta (POR) y demanda (LTL) de mano de obra, y un tienen déficit de trabajadores (y por tanto atraen *commuters*), también son diversos en cuanto al nivel de renta de la población.

Dicho lo anterior, los datos también ponen de relieve las diferencias entre los subcentros maduros y los emergentes. Como se ve los subcentros emergentes son los mejor dotados de infraestructuras de accesibilidad per cápita, especialmente en lo referente al transporte viario. Aunque no sólo destacan por ello, sino también por tener la mayor concentración de empleo por residente ocupado (*job ratio*), siendo este empleo de tipo industrial fundamentalmente, lo que va en detrimento de su diversidad económica, y

la entropía de las pendientes orográficas y por tanto mayor es el nivel de complejidad orográfica del municipio. Un municipio asentado sobre una superficie de una misma pendiente (p.e. una meseta), tendría una complejidad orográfica nula $H=0$.

⁶⁹ Roca y Moix, 2005

⁷⁰ En concreto, sobre la estructura porcentual de la población ocupada residente desagregada según las 9 categorías de la CNO se ha realizado un análisis de componentes principales. En concreto dicho análisis ha sintetizado en 3 componentes principales la estructura socioprofesional: en el primero se ha polarizado los grupos de renta presumiblemente alta (p.e. directivos y profesionales) en positivo y baja en negativo (p.e. operarios); el componente dos agrupa a las categorías de renta presumiblemente media (p.e. administrativos, técnicos de soporte); mientras que el componente tres agrupa a las categorías de renta presumiblemente media-baja (p.e. vendedores de comercio).

⁷¹ Sultana, 2000

seguramente también de la renta del suelo, lo que permite tener viviendas más asequibles, ocupadas, según los datos, fundamentalmente por población de rentas medio bajas.

Cuadro 4.
Caracterización de los diferentes entornos metropolitanos
según una selección de variables urbanísticas y del mercado laboral

	Continuo económico central	Subcentros maduros	Subcentros emergentes	Resto de las AM
Estaciones/10.000 hab	0,68	0,45	0,75	0,67
Accesos aut/10.000 hab	0,37	1,11	2,17	1,71
Diversidad de viviendas	1,83	1,77	1,84	1,83
Densidad (LTL+POB)/sup. Artificializada	18.104	7.760	4.615	4.390
% industria	0,13	0,27	0,33	0,28
Diversidad LTL	2,18	1,99	1,87	1,94
Desfase cualificación CNO	0,08	0,13	0,17	0,22
Desfase cualificación CNAE	0,10	0,14	0,23	0,27
Job ratio (LTL/POR)	1,04	0,98	1,14	0,92
LTL/viv. Total	0,91	0,79	0,76	0,72
Rentas Altas (Directivos, tec superiores, etc.)	0,82	0,23	0,11	0,20
Medias (tec medios, administrativos)	0,65	0,31	0,09	0,23
Media baja (serv personales, no cualificados)	1,01	0,54	0,11	0,31
Recorrido medio (km por persona)	7,50	7,30	10,00	11,90
Índice de exceso de movilidad	2,27	3,43	4,66	15,11

Nota:

Los datos se refieren a las medias ponderadas de los indicadores calculados a escala municipal

Fuente: Elaboración propia

El referido cuadro también permite ilustrar el exceso de movilidad que se suscita en dichos entornos, siendo la referente a la ciudad de baja densidad/complejidad de dimensiones alarmantes. Así en las periferias/intersticios metropolitanos el indicador medio del exceso de movilidad es de 15,11, eso quiere decir que el recorrido que realiza su población ocupada es 15,11 veces mayor que el “requerido”, lo cual sorprende, pero se explica por el gran desfase entre la cualificación, ocupacional y sectorial, de su oferta y demanda de trabajadores, y naturalmente, por su escasa densidad urbana, y dispersión territorial, lo que conjuntamente produce la menor tasa de autocontención de nuestros sistemas metropolitanos. Asimismo no debe olvidarse que dicho indicador se construye sobre la distancia y no el tiempo, y en ese sentido, cabe recalcar que las velocidades de desplazamiento de los subcentros y sus periferias son superiores a las interiores de las ciudades centrales, dada la menor congestión y la mayor velocidad de diseño de las

infraestructuras de transporte que le son propias⁷²; lo cual también facilita los excesos de desplazamiento, seguramente en automóvil.

Por otra parte, el hecho de que en todos los casos dicho índice sea superior a la unidad es significativo de que la elección residencial no responde necesariamente al principio de minimización de coste de desplazamiento que supone la teoría estándar de la economía urbana.

Cuadro 5.
Modelos explicativos del exceso de movilidad

		MOD1		MOD2		MOD3		MOD4	
		Transporte		Estructura Urbana		Socio profesional		Integrado	
	R	0,17		0,44		0,24		0,52	
	R cuadrado	3,0%		19,2%		5,9%		27,3%	
	R cuadrado corregida	2,9%		18,7%		5,5%		26,2%	
	Error típ. de la estimación	0,94		0,86		0,93		0,82	
		B	t	B	t	B	t	B	t
Dim	Constante	1,06	29,82	1,90	5,07	1,10	31,85	0,86	2,23
T	Estaciones/10.000 hab	0,03	4,74						
	Accesos autop/10.000 hab							0,00	3,49
EUL	% Industria			1,88	8,95			1,04	4,65
	Diversidad de viviendas	-	0,90	-	4,77			- 0,49	- 2,51
	Desfase cualificación CNO			0,57	3,44				
	Job ratio			0,26	- 4,14				
	Job ratio ²	-	0,02	-	3,62			- 0,03	- 5,80
	LTL/viv tot							0,51	5,66
	Distancia al CBD							0,01	3,23
MT	Complejidad orográfica							0,14	2,34
SP	medio-bajos					-,169	-4,853		
	medios					,119	3,380		
	Altos					-,112	-3,239		
I	Bilbao							0,41	3,83
	Valencia							0,59	5,86
	Málaga	-	0,47	-				- 0,47	- 2,86
	Zaragoza							0,34	3,32

Variable dependiente: Ln del índice del exceso de movilidad

Método de introducción por pasos sucesivos, sólo se reportan las variables significativas al menos al 95% de confianza

T= Transporte, EU= Estructura Urbana y laboral, MT=Matriz Territorial, SP= Socioprofesional, i= Instrumental

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la familia de modelos de regresión contruidos se reportan en el cuadro 5.

⁷² También es muy cierto que los sitios dominados por manufactura son menos amenos para establecer el lugar de residencia, aunque esto no tiene incidencia en este modelo puesto que lo que se analiza es la movilidad de la gente que vive en estos sitios no la que trabaja en ellos.

- El *primer modelo* “Transporte” es capaz de explicar algo menos del 3% de la variación del exceso de movilidad, únicamente introduce la variable que mensura la dotación de transporte ferroviario metropolitano con el signo positivo esperado, lo cual deja constancia de las mayores posibilidades de movilidad de los ocupados que viven en municipios bien conectados con transporte público.
- El *modelo 2* “Estructura” es el que más variables introduce, en conjunto es capaz de explicar algo más del 18% del exceso de movilidad. Según dicho modelo cuanto mayor es la presencia de industria en un municipio mayor es el exceso de movilidad, este indicador puede estar enmascarando el hecho de que las zonas muy especializadas en manufactura suelen ser, por su localización y por su propia dominancia industrial, poco diversificadas en el resto de su oferta de empleo, lo cual, como es lógico, se convierte en un *push factor* que incentiva la movilidad laboral⁷³. Paradójicamente también el ratio empleo/población ocupada (*job ratio*) incrementa la movilidad, pero de una forma no lineal (razón por la cual el cuadrado de este indicador es negativo), lo cual deja de sorprender precisamente cuando se analiza el hecho de que los municipios-polígono-de-actividad, a pesar de ser grandes atractores de trabajadores, a menudo son incapaces de retener a su población ocupada por no existir una correspondencia en las cualificaciones.
- El *tercer modelo* “Socio” requiere una interpretación especial, puesto que no parece haber una relación lineal entre el nivel de renta (perfil socioprofesional) y el exceso de movilidad. Así, en las zonas de población más favorecida como también en las de población de renta moderada el exceso de movilidad se reduce, a pesar de dicha incongruencia el principio operacional de ambas situaciones parece ser el mismo: la renta del suelo. La población que ocupa puestos gerenciales y profesionales tiene una mayor capacidad de puja y puede adquirir vivienda en las inmediaciones de los lugares centrales en dónde se ubica su puesto de trabajo; mientras que exactamente lo mismo ocurre con la población empleada en la industria en donde el precio de la vivienda es más bajo. En cambio las zonas habitadas por grupos de renta media (p.e. trabajadores de servicios personales), el exceso de movilidad se incrementa, lo cual puede también reflejar la mayor dispersión de la localización este tipo de actividades económicas.
- El *modelo 4* integra el conjunto de dimensiones y es capaz de explicar el 26% del exceso de movilidad, lo cual en sí es relevante debido a que: a) la forma y estructura urbana ha sido controlada previamente, b) el enorme número de variables que afectan las decisiones laborales/residenciales. En dicho modelo, de acuerdo con los coeficientes beta contruidos sobre las variables tipificadas (no reportados en el cuadro), el principal factor que motiva el exceso de movilidad es el ratio empleo/vivienda, si bien la relación no es lineal (por esa razón es negativo el signo del cuadrado del *job ratio* que interactúa con el ratio anterior según el estadístico VIF) tal como ya lo hubiesen comprobado en San Francisco y Portland Cervero⁷⁴ y Peng⁷⁵ respectivamente, a continuación entra en el mismo sentido de incrementar la movilidad el porcentaje de industria. Es decir, que los monocultivos de actividad económica, incentivan el exceso de movilidad, especialmente aquellos que por estar orientados a la actividad secundaria, dada sus pautas locativas, no favorecen la diversidad de la actividad económica. Enseguida aparece también con el signo esperado la distancia al centro metropolitano y el acceso a las vías de alta velocidad

⁷³ Marmolejo, 2010

⁷⁴ Cervero, 1989

⁷⁵ Peng, 1997

(debidamente modulado por la población a la que sirven). Por tanto, cuanto más periféricos son los municipios, y especialmente si están conectados a la red viaria de alta velocidad, mayor es el exceso de movilidad, hecho que seguramente se ha acentuado en el decurso del periodo 1996-2009 caracterizado por importantes procesos de descentralización demográfica, incluso de población ocupada cuyo lugar de trabajo permanecía en el sitio original de residencia 56 ; hecho también constatado por Cervero y Wu⁷⁶ en San Francisco.

En sentido positivo entra también la complejidad orográfica, lo cual es significativo de que las zonas más escarpadas, en dónde difícilmente se alcanzan densidades de actividad económica importantes, tienen también pautas acentuadas de exceso de movilidad. Finalmente, pero no menos importante, entra en acción el único factor, de los estudiados, cuyo impacto va en el sentido de reducir el exceso de movilidad: la diversidad de la vivienda. Cuanto más diverso es el parque residencial, en su vector de dimensión/tipología, mayor es la probabilidad que la población encuentre la vivienda que satisface las aspiraciones de su *lifestyle* (en el caso de los grupos de más renta), o que simplemente le resulta asequible (en el caso de los grupos de menor nivel de renta). Así, una política de cohesión social basada en políticas de suelo y vivienda, puede convertirse, a la luz de nuestros resultados, en una política con incidencia medioambiental. Es este el principal hallazgo inesperado de nuestra investigación.

Discusión y conclusiones

A partir del movimiento moderno la solución de las necesidades de movilidad de las personas se confió excesivamente al ingenio de los medios de transporte. Así su mejora tecnológica, su abaratamiento (sin considerar los costes agregados de externalidad), la expansión longitudinal de las redes y el ensanchamiento de sus secciones se convirtieron en un fin en sí mismo. En dicho proceso, el transporte privado adoptó cotos de poder hegemónico, a pesar de la inequidad a su acceso, a la par que los recorridos se hicieron cada vez más largos y ubicuos. Todo ello llegó incluso a doblar a la propia ciudad: ciudad y transporte se tornaron, por tanto, en los extremos de una ecuación de difícil solución. Sin embargo, desde las disciplinas propias encargadas del estudio de los fenómenos urbanos, y de la movilidad como disciplina en sí misma, se ha clamado por un cambio de paradigma en la forma en cómo solucionamos los problemas del desplazamiento del conjunto de la población. Puesto que en el propio diseño de la ciudad, de sus espacios públicos, de su estructura, de su forma (densidad incluida) y de sus usos del suelo reside la posibilidad de dar una salida más sostenible, equitativa y competitiva al derecho de las personas a acceder a la ciudad bajo una relación no de causalidad sino dialéctica⁷⁷.

En este artículo hemos explorado hasta qué punto la estructura policéntrica de nuestras ciudades está relacionada con la longitud de los desplazamientos laborales. Y efectivamente, los resultados a los que hemos llegados confirman la relación de inversa proporcionalidad entre el nivel de policentrismo y la distancia recorrida por la población ocupada una vez controlada la forma y el tamaño. Cuanto más equitativa es la distribución del empleo en torno a núcleos distribuidos a lo largo de los territorios

⁷⁶ Cervero y Wu, 1998

⁷⁷ Miralles, 2002; Cerda, 2013

metropolitanos, y cuanto más poder tienen dichos núcleos de estructurar sus inmediaciones, menor es la longitud (y presumiblemente el tiempo) de los recorridos cotidianos. Es decir que la polinucleación y la policentricidad, los dos rasgos del policentrismo, son herramientas potenciales para dar una solución *endógena* a los problemas de la movilidad de las personas. Sin perder de vista que para cada modelo de ciudad corresponde un modelo de movilidad⁷⁸.

Los análisis sugieren que el desplazamiento de la población ocupada es más corto en las centralidades. No es de extrañar que así sea, puesto que los modelos estadísticos indican que la movilidad controlada por la forma y el tamaño (exceso de movilidad) se reduce en los municipios que por ser diversos en su oferta de empleo y vivienda minimizan las discrepancias entre la cualificación de los empleos y las personas residentes ocupadas que gracias a dicha diversidad residencial pueden encontrar la vivienda que pueden permitirse o aquella acorde a su sofisticado *lifestyle*. Reducción que también ocurre en los ámbitos que, como las centralidades maduras, no están excesivamente especializados en actividad económica especialmente en la industrial.

Desde una perspectiva sincrónica los resultados sugieren que efectivamente el policentrismo produce beneficios sobre la eficiencia de la urbanización, y más aún si está maridado con una adecuada política de diversificación de los usos de suelo, y a su interior de vivienda y empleo, tal que permita encontrar oportunidades laborales acordes a la cualificación de la población, y a su vez, vivienda acorde a las necesidades y capacidades económicas de los hogares.

Sin embargo, falta investigar aún el impacto del policentrismo sobre la elección modal, la compartición de los vehículos privados, el encadenamiento de viajes y la posibilitación de realización de actividades subsidiarias a la laboral, y en ese sentido su impacto sobre el binomio movilidad-género. También es asignatura pendiente la realización de un análisis diacrónico que permita ver hasta qué punto el efecto positivo del policentrismo sobre los recorridos laborales se mantiene ante los importantes cambios en la demografía, el embate de la tecnología de la comunicación y del transporte. Análisis todos ellos sin los cuales nada puede afirmarse contundentemente.

Bibliografía

AGUILERA, A. Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille. *Urban Studies*. 42, 2005, p. 1537-1547.

AGUILERA, A. y MIGNOT, D. Polycentrism and Commuting. A Comparison of Seven French Urban Areas. *Urban Public Economic Review. Urban Sprawl*. 1, 2004, p. 93-114.

AGUIRRE, A. y MARMOLEJO, C. Hacia un método integrado de identificación de subcentros a escala municipal: un análisis para la región metropolitana de Barcelona. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*. 14, 2010, p. 99-122.

⁷⁸ Miralles y Cebollada, 2003; Bertaud, 2001

BERTAUD, A. *Metropolis: A Measure of the Spatial Organization of 7 Large Cities*. 2001. <http://alain-bertaud.com>

BACCAÏNI, B. Commuting and residential strategies in the Ile-de-France: Individual behavior and spatial constraints. *Environment and Planning A*. 29, 1997, p. 1801-1829.

BOIX, R. y TRULLÉN, J. Polycentrism and urban structure: a critic review from the perspective of the research agenda. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*, 18, 2012.

CERDA, J. *Efecto del comportamiento espacio-temporal de la población sobre la estructura de actividades en la ciudad: un acercamiento a los ritmos urbanos de Barcelona 2001-2006*. Tesis doctoral dirigida por Carlos Marmolejo Duarte. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya, 2013. 312 p. <http://hdl.handle.net/10803/113478>

CERVERO, R. America's Suburban Centers: The Land Use-transportation Link. *Transportation Research Board*. 1989.

CERVERO, R. y WU, K-L. Polycentrism, commuting, and residential location in the San Francisco Bay area. *Environment and Planning A*. 29, 1997, p. 865- 886.

CERVERO, R. y WU, K-L. Sub-centring and Commuting: Evidence from the San Francisco Bay Area, 1980- 90. *Urban Studies*. 7, 1998, p. 1059-1076.

CHAMPION, A.G. A changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city population. *Urban Studies*. 4, 2001, p. 657-67.

CLARK, W. V. & KUIJPERS-LINDE, M. Commuting in restructuring urban regions. *Urban Studies*. 31, 1994, p. 465.

[ESDP European Spatial Development Perspective](#). 1999.

FERIA, J. M. La delimitación y organización espacial de las áreas metropolitanas españolas: una perspectiva desde la movilidad residencia-trabajo. *Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 2010, vol. XLII, nº 164, p. 189-210.

FLAMM, M. y KAUFMANN. V. Operationalising the concept of motility: A qualitative study. *Mobilities*, 1, 2006, p. 167-189.

FUJITA, M. y OGAWA, H. Multiple equilibria and structural transition of nonmonocentric urban configurations. *Regional Science and Urban Economics*. 12, 1982, p. 161-196.

GALLO, M. T; GARRIDO, R. y VIVAR, M. Cambios Territoriales en la Comunidad de Madrid: policentrismo y dispersión. *Eure*. 107, 2010, p. 5 -26.

GARCÍA-LÓPEZ, M.A. Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona. *ACE*:

Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno. 4, 2007, p. 519-553.

GARCÍA-LÓPEZ, M.A. Population suburbanization in Barcelona, 1991–2005: Is its spatial structure changing? *Journal of Housing Economics*. 19, 2010, p. 119–132.

GARCÍA-LÓPEZ, M.A. y MUÑIZ, I. The Polycentric Knowledge Economy in Barcelona. *Urban Geography*. 31, 2010, p. 774-799.

GIULIANO, G. y SMALL, K. A. Subcenters in the Los Angeles region. *Regional Science and Urban Economics*. 21, 1991, p. 163-182.

GIULIANO, G. y SMALL, K.A. Is the Journey to Work Explained by Urban Structure? *Urban Studies*. 9, 1993, p. 1485-1500.

GORDON, P; RICHARDSON, H.W. y WONG, H.L. The distribution of population and employment in a polycentric city: the Case of Los Angeles. *Environment and Planning A*. 18, 1986, p. 161-173.

GREEN, N. Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis. *Urban Studies*. 11, 2007, p. 2077–2103.

HARVEY, D. *The condition of postmodernity*. Blackwell. London. 1990, 379 p.

KAUFMANN, V; BERGMAN, M. y JOYE, D. Motility: Mobility as capital. *International Journal of Urban and Regional Research*. 28, 2004, p. 745-756.

MARMOLEJO, C. Dinámicas territoriales de la región policéntrica de Barcelona: 1981-2009. *V Jornada Europea sobre Alta Velocidad y Territorio*. 2010, p. 1-35.

MARMOLEJO, C. y CERDA, J. La densidad-tiempo: otra perspectiva de análisis de la estructura metropolitana. *Scripta Nova*. 402, 2012.

MARMOLEJO, C; CHICA, E. y ROCA, J. ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Evolución de la influencia de los subcentros en la distribución de la población. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*. 18, 2012, p. 163-190.

MARMOLEJO, C., MASIP, J. y AGUIRRE, C. Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas. *CyTET*. 174, 2013.

MARMOLEJO, C.; RUIZ, N. y TORNÉS, M. Is the polycentrism a desirable feature in the construction of sustainable residential environments? *Housing Environment*, Vol 11, 2013b, p. 99-108.

McMILLEN, D.P. y SMITH, S.C. The number of subcenters in large urban areas. *Journal of Urban Economics*. 53, 2003, p. 321-338.

MEIJERS, E. Measuring Polycentricity and its Promises. *European Planning Studies*. 16, 2008, p. 1313-1323.

MILLS, E.S. Markets and efficient resource allocation in urban areas. *Swedish Journal Economics*. 74, 1972, p. 100-113.

MIRALLES-GUASCH, C. *Transporte y ciudad. El binomio imperfecto*. Ariel. 2002, 250 p.

MIRALLES-GUASCH, C. y CEBOLLADA, A. Movilidad y transporte. Opciones políticas para la ciudad. *Fundación Alternativas*. 25, 2003.

MUÑIZ, I; GALINDO, A. y GARCIA-LÓPEZ, M.A. Cubic Spline Density Functions and Satellite City Delimitation: The Case of Barcelona. *Urban Studies*. 40, 2003, p. 1303-1321.

MUÑIZ, I; GARCÍA-LÓPEZ, M.A. y GALINDO, A. The Effect of Employment Subcentres on Population Density in Barcelona. *Urban Studies*. 3, 2008, p. 627-649.

MUÑIZ, I. y GARCÍA-LÓPEZ, M. A. Policentrismo y sectores intensivos en información y conocimiento. *CyTET*. 160, 2009, p. 263-290.

NAVAZO, B. El impacto de la crisis económica en la Defensa: autónoma irrelevancia o acción combinada. *Fundación Alternativas*. 72, 2013.

PENG, Z. The Jobs- Housing Balance and Urban Commuting. *Urban Studies*. 8, 1997, p. 1215- 1235.

PILLET, F.; CAÑIZARES, M.; RUIZ, A.; MARTÍNEZ, H; PLAZA, J. Y SANTOS J. (2010) El policentrismo en Castilla-La Mancha y su análisis a partir de la población vinculada y el crecimiento demográfico. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona. Vol. XIV, núm. 321.

ROCA, J. y CLUSA, J. El mercat immobiliari de la regió metropolitana de Barcelona i les comarques centrals de Catalunya. *Informe territorial de la provincia de Barcelona. Cambra Oficial de Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona*. 2004, p. 182-252.

ROCA, J. y MOIX, M. The interaction value: its scope and limits as an instrument for delimiting urban systems. *Regional Studies*. 39, 2005, p. 359–375.

ROCA, J; MARMOLEJO, C. y MOIX, M. Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept. *Urban Studies*. 46, 2009, p. 2840-2868.

ROCA, J; MOIX, M. y ARELLANO, B. El sistema urbano en España. *Scripta Nova*. 395, 2012.

RUIZ, M. y MARMOLEJO, C. Hacia una metodología para la detección de subcentros comerciales: un análisis para Barcelona y su área metropolitana. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*. 8, 2008, p. 199-217.

SANTIAGO, E. Nuevas formas y procesos espaciales en la región urbana de Madrid: Las lógicas del espacio en la construcción de la “ciudad única”. *Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*. 2006.

SCHWANEN, T; DIJST, M. y DIELEMAN, F.M. Leisure Trips of Senior Citizens: Determinants of Modal Choice. *Sociale Geografie*. 92, 2001, p. 347-360.

SOHN, J. Are commuting patterns a good indicator of urban spatial structure? *Journal of Transport Geography*. 13, 2005, p. 306–317.

SOLÍS, E. UREÑA, J. M. y RUIZ-APILÁNEZ, B. Transformación del sistema urbano-territorial en la región central de la España peninsular: la emergencia de la región metropolitana policéntrica madrileña. *Scripta Nova*. 420, 2012.

SULTANA, S. Some Effects of Employment Centers on Commuting Times in the Atlanta Metropolitan Area, 1990. *Southeastern Geographer*. 2, 2000, p. 225-233

TRULLÉN, J. y BOIX, R. Policentrismo y redes de ciudades en la Región Metropolitana de Barcelona. *Ponencia presentada al III Encuentro de Economía Aplicada*, 2000.

UREÑA, J.M; PILLET, F. y MARMOLEJO, C. Aglomeraciones/regiones urbanas basadas en varios centros: policentrismo. *CyTET*. 176, 2013.

VAN DER LAAN, L. Changing Urban Systems: An Empirical Analysis at Two Spatial Levels. *Regional Studies*. 32, 1998, 235-247.

WACHS, M; y TAYLOR, B. D. The changing commute: A case-study of the jobs-housing relationship over time. *Urban Studies*. 30, 1993, p. 1711.

WHITE, M. Location Choice and Commuting Behavior in Cities with Decentralized Employment. *Journal of Urban Economies*. 24, 1988, p. 129-152.

© Copyright Carlos Marmolejo Duarte y Moira Tornés Fernández, 2015.

© Copyright Scripta Nova, 2015.

Ficha bibliográfica:

MARMOLEJO DUARTE, Carlos; TORNÉS FERNÁNDEZ, Moira. ¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de enero de 2015, vol. XIX, nº 500. <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-500.pdf>>. ISSN: 1138-9788.

Is the Polycentrism a Desirable Feature in the Construction of Sustainable Residential Environments?

Revisiting its Conceptualization from the Travel-to-work Perspective: an Analysis for the Biggest Metropolitan Areas in Spain

Abstract

The urban form is an important issue on explaining quality of life or housing environments, since it has implications in terms of social, environmental and economic aspects. In this paper, taking as case study the seven biggest metropolitan areas in Spain, we explore whether urban form, understood as polynucleation (morphological) is related to polycentricity (functional) understood as the level of interconnections depicted by journey-to-work mobility. We found a high correlation between the morphological and functional sides of polycentrism, nonetheless, polycentricity succeed in understanding the kind of relations among subcenters, namely it permits to foreseen the kind of transportation systems needed in each of the studied cities. In terms of social, economic and environmental sustainability, it is exposed the discussion on whether a high level of polynucleation and interlinking would be more desirable in the construction of the house of tomorrow.

Keywords: Urban Structure, polycentrism, polycentricity, residential environments, Metropolitan Areas, Spain

ATENCIÓN ;

Las páginas 506 a 514 de la tesis contienen el capítulo de libro,
que puede consultarse en el web del editor
<http://www.kksm.pk.edu.pl/>

¿REDUCE EL POLICENTRISMO EL CONSUMO DE SUELO URBANIZADO? UNA PRIMERA APROXIMACIÓN PARA LAS SIETE ÁREAS METROPOLITANAS ESPAÑOLAS

MOIRA TORNÉS FERNÁNDEZ Y CARLOS MARMOLEJO DUARTE

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y
Entorno [en línea]. 2011, Año 6, núm. 18, Febrero. P. 191-212

ISSN: [1886-4805](https://doi.org/10.18866/1886-4805)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_SE_26.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/11686>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

DOES POLYCENTRISM REDUCE THE CONSUMPTION OF URBANIZED LAND? A FIRST APPROXIMATION FOR THE SEVEN METROPOLITAN SPANISH AREAS

Key words: Consumption of land, polycentrism, efficiency, metropolitan areas.

Abstract

The appearance of progressively extensive systems, in which the limits between the countryside and the city were eroded, is an established trend since the second half of last century. This way, the compact continuous growth has lost ground in favor of a low density, sprawled growth. The land, one of the most limited resources, has then been plundered in a dizzy way. Arguing sustainability, the agendas of the territorial planners have presented polycentrism as a solution to scattering. This article tries to analyze up to what point polycentrism is correlated with the use of land. To do so, based on information about population, employment and the use of land for the main Spanish metropolises, a model of regression is generated: the dependent variable is the use of land; the independent variables are indicators regarding the structure of the territorial matrix, of the cities (including polycentrism) and of the economic activities. The first results suggest that the impact of polycentrism for reducing the use of land is incipient and other factors, such as the type of dominant economic activity, the fragmentation of the urbanized fabrics or the complexity of the territorial matrix, point out its importance to explain the used land per capita.

¿REDUCE EL POLICENTRISMO EL CONSUMO DE SUELO URBANIZADO? UNA PRIMERA APROXIMACIÓN PARA LAS SIETE ÁREAS METROPOLITANAS ESPAÑOLAS

TORNÉS FERNÁNDEZ, Moira¹
MARMOLEJO DUARTE, Carlos

Remisión inicial: 18-11-2012

Remisión definitiva: 19-01-2012

Palabras Clave: Consumo de suelo, policentrismo, eficiencia, áreas metropolitanas.

Resumen

La aparición de sistemas progresivamente extensos, donde los límites entre el campo y la ciudad han sido erosionados, ha dominado la escena a partir de la segunda mitad del siglo pasado. De esta manera, el crecimiento compacto por continuidad ha perdido fuelle a favor del crecimiento por dispersión de baja densidad. Así, el suelo, uno de los recursos más limitados, ha sido depredado de una manera vertiginosa. En pro de la sostenibilidad, las agendas de los planificadores territoriales han situado al policentrismo como una alternativa a la dispersión. En este artículo se pretende analizar hasta qué punto el policentrismo está correlacionado con el consumo del suelo. Para ello, a partir de información sobre población, empleo y consumo de suelo de las principales metrópolis españolas, se construye un modelo de regresión en donde la variable dependiente es el consumo de suelo y, las independientes, indicadores asociados con la estructura de la matriz territorial, de la estructura urbana (incluido el policentrismo) y de la estructura de las actividades económicas. Los primeros resultados sugieren que el impacto del policentrismo sobre la reducción de consumo de suelo es incipiente y otros factores, como el tipo de actividad económica dominante, la fragmentación de los tejidos urbanizados o la complejidad de la matriz territorial, anteponen su importancia en la explicación del suelo consumido per cápita.

¹ **Moira Tornés Fernández:** Departamento de Expresión Gráfica II, Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, Avenida Doctor Marañón, 44 - 50, 08028 Barcelona, España. Email de contacto: moira.tornes@upc.edu

1. Introducción

“Los referentes que alguna vez separaron firmemente a la ciudad del campo, lo artificial de lo natural, son ahora reproducidos de forma indiscriminada como signos y horizontes potenciales dentro de una topografía común. Este hábitat, la metrópolis, que constituye tanto una realidad imaginaria como un lugar real, se ha transformado en el mito de nuestro tiempo. Ya no podemos tener la esperanza de cartografiar la metrópolis moderna, debido a que ya no podemos asumir que conocemos sus extremos, sus fronteras, sus confines, sus límites.” (Chambers, 1990: 53-54).

La morfología de las ciudades actuales a lo largo de todo el planeta está en constante evolución, desde aquellos núcleos rurales hasta las presentes ciudades, ha existido un incesante y transformador cambio. Dicho cambio ha generado en ciertos casos ciudades invivibles, no-ciudades, promovido quizás por carencias en las herramientas de gestión y de control. En la actualidad nos encontramos con ciudades cuyos ambiciosos límites se van alejando, difuminando y dispersando a lo largo del territorio de modo que la sensación de ciudad creada a escala del ciudadano va desapareciendo en pos de la ciudad anónima. Los perfiles de las periferias son cada vez más homogéneos, caracterizados por la baja densidad e interconectados por grandes redes de transporte. La ciudad compacta tradicional se disuelve en una ciudad dispersa y fragmentada, con periferias más extensas y límites difusos. Como dicen García y Gutiérrez “... la metrópoli actual presenta rasgos propios que la convierten en una estructura significativamente distinta a la metrópolis moderna y fordista. Frente a la dominancia de la ciudad central característica de las áreas metropolitanas tradicionales, la descentralización ha producido nuevas centralidades en la periferia, que modifican los antiguos desequilibrios funcionales (centro-periferia) para crear otros nuevos a una escala de mayor detalle (nuevas centralidades-espacios residenciales).” (García y Gutiérrez, 2007:5).

De este modo paulatinamente se generan cambios en las estructuras de las ciudades. Las metrópolis ya no se forman alrededor de un centro, sino que aparecen otros periféricos y suburbanos importantes que modifican significativamente el funcionamiento de las ciudades. Dichos centros periféricos se encuentran conectados por una red de infraestructuras que surcan todo el territorio, fragmentándolo y generando piezas de suelo no urbanizado cada vez más pequeñas.

Diversos elementos modifican también su estado original de localización, las empresas dedicadas a la manipulación de la información poco cualificada (p.e. centros de atención al cliente), al no depender de un contacto cara a cara, empiezan a ubicarse en lugares menos centrales ganando por consiguiente beneficios en los costos de alquiler y contraponiéndolos con los desplazamientos de personas a este lugar. Por otro lado, en el ámbito de la vivienda pueden desarrollarse ideas similares. La preferencia en la elección de la localización de las viviendas sufre el mismo mecanismo que ocurre con las empresas, la ubicación no central supone una reducción en los costes de compra ya que el suelo es más barato conforme se aleja del centro de la ciudad. Otro punto a tener en cuenta es que al ubicarse estas viviendas en zonas periféricas ofrecen una mayor amplitud y privacidad, con su consiguiente mayor consumo de suelo y su baja densidad (Simón y Hernández, 2009; Muñoz, F. 2007).

Todo ello, al conjugarse, produce un paisaje disperso, fragmentado por las redes de infraestructuras, homogéneo y, por encima de todo, consumidor de un recurso limitado: el suelo apto para la urbanización.

Por este motivo, y otros negativos asociados a la dispersión como el consumo energético, la Comisión Europea mediante la Estrategia Territorial Europea (en adelante, ETE) de 1999, promueve y aconseja el manejo de herramientas capaces de solucionar y gestionar los problemas de expansión territorial a los que nuestras ciudades se están exponiendo. La red de ciudades bajo esquemas policéntricos se considera una solución a colosales problemáticas como el gran consumo de suelo que se está originando debido a la urbanización de baja densidad, lo que ocasiona una serie de problemas en cadena como son los gastos de energía y tiempo en desplazamientos o, incluso, la imposibilidad de hacer llegar a todos los puntos el transporte público, la recogida de residuos, el alcantarillado, el alumbrado, los equipamientos básicos como hospitales y escuelas, la dependencia en el uso del transporte privado y su consecuente emisión de CO₂, etc. Todos estos problemas y otros son los que la Comisión Europea pretende solucionar mediante la inserción de modelos policéntricos, hipótesis que sustenta la idea de que la ciudad policéntrica es más eficiente que la ciudad monocéntrica, desde el punto de vista medioambiental. Reduciendo el consumo de suelo, el tiempo de desplazamiento residencia-trabajo y, por tanto, su emisión de gases contaminantes a la atmósfera. Así, la promoción del policentrismo ha sido vista como la panacea a los problemas de las grandes metrópolis contemporáneas, inspirando ello la aparición de políticas no sólo a escala europea sino también territorial y urbanística, que permitan avanzar hacia estructuras basadas en nodos.

El objetivo fundamental de esta investigación es indagar hasta qué punto el policentrismo efectivamente reduce el consumo de suelo en el contexto de los principales sistemas metropolitanos españoles.

El resto del artículo se organiza en primer lugar con una breve exposición de las razones por las cuales una estructura policéntrica tendría que reducir el consumo de suelo; a continuación se presentan los casos de estudio, la metodología y las fuentes de información; luego se expone el modelo y los indicadores de consumo de suelo utilizados; y, finalmente los resultados del modelo de regresión son debatidos.

2. ¿Por qué una estructura policéntrica tendría que reducir el consumo de suelo?

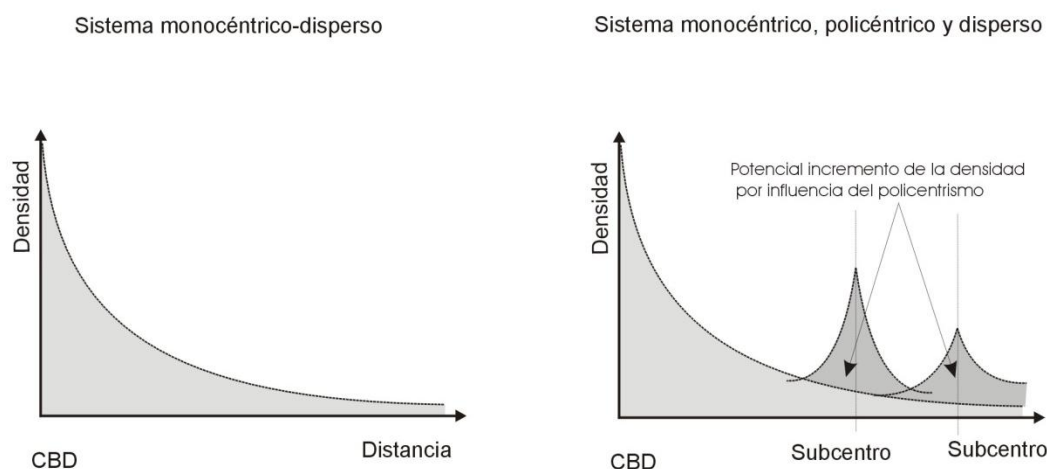
La principal conceptualización del policentrismo parte de la idea de un desarrollo apoyado en nodos o núcleos interconectados, que resultan funcionalmente hablando, complementarios entre sí. En donde dichos nodos pueden producirse a partir de una descentralización concentrada como alternativa a una descentralización dispersa. Por tanto, un sistema en donde tanto la población como la actividad se situasen en dichos nodos en su totalidad, sería un sistema en donde el consumo de suelo per cápita sería inferior en relación a aquél en el cual la descentralización ha seguido un modelo disperso. Se trataría, por tanto, de un conjunto de asentamientos compactos interconectados entre sí. Sin embargo, pensar en un modelo en el cual todo se concentra en núcleos escapa incluso de las imaginaciones más virtuosas, ya que

las estructuras de los sistemas metropolitanos actuales son una compleja combinación en donde el monocentrismo heredado de las ciudades decimonónicas se conjuga con el policentrismo y con la dispersión. Por tanto, la cuestión estriba en discutir si en un sistema de esta naturaleza, el consumo del suelo, más allá de aquél consustancial a los propios centros (Central Business District, CBD, y subcentros), está influido por la presencia de los subcentros. Es decir, discutir si los subcentros influyen el consumo de suelo allende de los mismos. Para abordar dicha discusión es necesario conocer la forma en cómo se forma la densidad, es decir, el inverso del consumo de suelo per cápita.

Los economistas urbanos (O'Sullivan, 2007) han explicado que la construcción en altura y, por tanto, densa, es la respuesta de los agentes productores (p.e. las promotoras inmobiliarias) ante la elevación del coste de producción producido por el encarecimiento del suelo. De tal manera que, si convenimos que los lugares centrales tienen rentas del suelo altas (tan altas como los costes de transporte que ahorran), entonces edificar en ellos supone un importante gasto por lo que a la adquisición del suelo se refiere. Luego, si es posible edificar la misma superficie sobreponiendo una planta sobre otra (a pesar de que ello supone, a partir de cierta altura, un encarecimiento de los costes unitarios de construcción), el resultado es que, en aras de minimizar los costes de producción, se tenderá a sustituir suelo por estructuras altas. De esta manera los sitios centrales son también sitios densos en donde el consumo de suelo per cápita (o al menos por metro cuadrado edificado) se minimiza.

Lo importante es que en un sistema monocéntrico, a medida que la distancia al centro incrementa, la densidad irá disminuyendo a la par que la renta del suelo también lo hace (puesto que se va haciendo progresivamente más caro afrontar los costes de transporte hacia el centro en donde se presume se encuentra monopolizada tanto la oferta de empleo como de servicios y productos de consumo). Ahora bien, si al sistema monocéntrico le acompañan subcentros de empleo y servicios ubicados en la periferia, el coste de transporte tendría que disminuir puesto que los viajes podrían tener como destino lugares más próximos y, por tanto, la renta del suelo tendría que incrementar y consecuentemente la densidad, es decir, que el consumo de suelo per cápita tendría que reducirse. La Figura 1 inferior ilustra gráficamente este concepto. En dicha figura la densidad representada es exclusivamente la de las localizaciones allende los centros, por esa razón tanto el CBD como los subcentros aparecen desprovistos de dimensión (evidentemente la densidad dentro de ellos sería también alta). En el gráfico de la derecha se observa que la aparición de subcentros periféricos produciría un incremento de la densidad en sus entornos y por ende una potencial reducción del consumo de suelo per cápita (al margen de que el consumo en ellos mismos sería bajo).

Figura 1. **Impacto potencial de los subcentros sobre la función de densidad (inversa del consumo de suelo)**



Fuente: Elaboración propia.

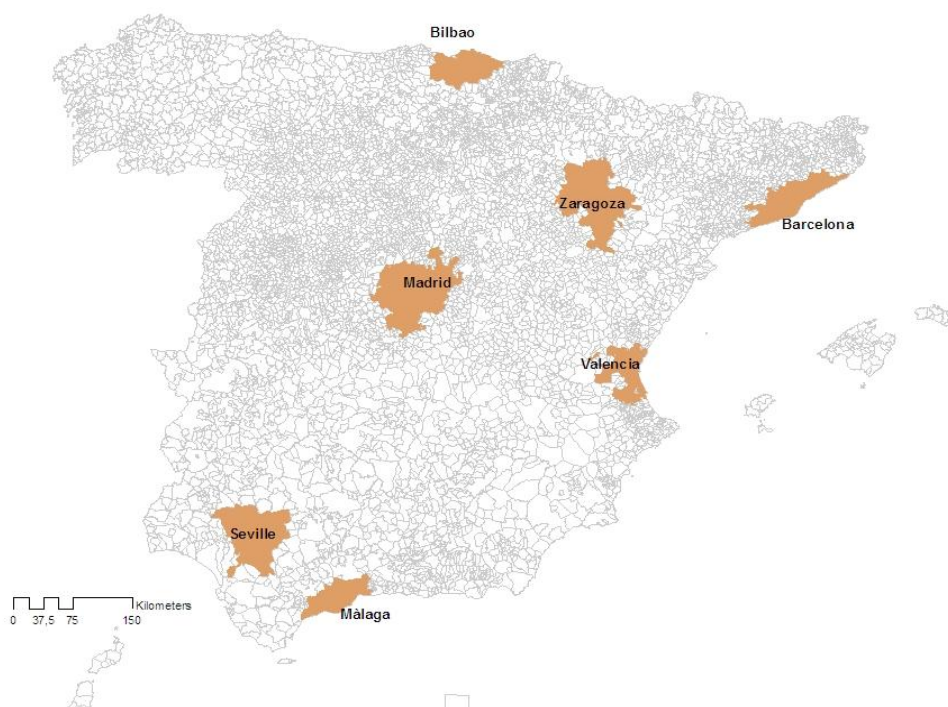
El objetivo de este artículo es ver si en el mundo real la reducción del consumo del suelo allende de los centros se verifica. En definitiva, se trata de comprobar de qué manera la estructura urbana (entendiendo por ésta la forma espacial en cómo se distribuye la población y el empleo) influye sobre la eficiencia de la urbanización.

3. Estudio de caso, metodología, datos y fuentes de información

3.1 Estudios de caso

En este artículo se estudian de manera simultánea las siete principales áreas metropolitanas españolas (Madrid, Barcelona, Valencia, Bilbao, Sevilla, Zaragoza y Málaga) tal cual han sido delimitadas por Marmolejo *et al.* (2012) mediante la utilización de los criterios de identificación de la estructura/delimitación metropolitana diseñados por Roca *et al.* (2009 y 2011). El año de estudio es el 2001, si bien algunas informaciones son del año 2000. La Figura 2 describe las principales características de las áreas estudiadas.

Figura 2. Áreas metropolitanas estudiadas



Áreas metropolitanas	Municipios	Suelo artificializado (km2)	Lugares de trabajo localizado (LTL)	Población (POB)	Densidad global ((LTL+POB)/km2)	Consumo del suelo per cápita (m2/(LTL+POB))
Algoritmo		a	b	c	d=(b+c)/a	e=d^-1*(1.000.000)
Madrid	183	860	2.446.400	5.542.843	9.291	108
Barcelona	184	745	1.903.867	4.530.164	8.636	116
Valencia	104	308	686.247	1.792.375	8.046	124
Sevilla	52	237	447.849	1.381.531	7.719	130
Bilbao	123	112	445.666	1.231.367	15.024	67
Málaga	32	194	366.525	994.984	7.032	142
Zaragoza	88	127	301.860	724.335	8.066	124

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Corine Land Cover 2000 y del Censo de Población 2001

3.2 Metodología

En esta investigación se parte del supuesto que el consumo de suelo es una función de tres dimensiones interrelacionadas (correlacionadas) entre sí: 1) la estructura de la matriz territorial; 2) la estructura de la actividad económica; y 3) la estructura urbana (dentro de la cual se inscribe el nivel de policentrismo); tal y como se establece en la Ecuación 1 a continuación:

Ecuación 1.

$$Cs = f(Et, Ee, Eu) \quad (1)$$

En ese sentido, es evidente que cuanto más compleja sea la matriz orográfica sobre la cual se asientan las áreas metropolitanas, más compleja será la estructura urbanizada de las mismas. De esta manera, aquellos territorios caracterizados por una consecución de valles de mediana magnitud (en términos metropolitanos) y montañas impiden la generación de una urbanización continua, y por ende propician la aparición de varios núcleos ubicados en los valles e interconectados por las infraestructuras que siguen el cauce de las vías fluviales. Asimismo, cuanto más compleja sea la orografía interior a los municipios, tanto mayor será la dificultad de edificar en altura y, por tanto, de reducir el consumo per cápita. Por lo que se refiere a la naturaleza de la actividad económica se ha intentado controlar el hecho de que las áreas metropolitanas en donde la manufactura está aún presente tienen un consumo de suelo intrínsecamente superior, en términos per cápita, que no las áreas con mayor representatividad de oficinas. Así, es esperable que Barcelona, en donde la reminiscencia de un pasado industrial es aún palpable en sus periferias, consuma por este hecho más suelo que no Madrid, en donde si bien se implantó industria a lo largo del siglo XX. El dominio de las actividades basadas en edificios de oficina es predominante, como es propio de cualquier capital administrativa, sobre todo si es el nodo nacional en los circuitos de la globalización del capital. No hace falta ir más lejos para observar los datos del parque de oficinas en edificios exclusivos de la Tabla 1 para comprobar este fenómeno.

Tabla 1. Parque de oficinas en edificios exclusivos en Madrid y Barcelona (m2)

Áreas metropolitanas	Jones Lang (Lasalle)	Richard Ellis (CB)
Madrid	14.718.279	12.115.000
Barcelona	5.947.995	5.554.473

Fuente: Elaboración propia según datos recopilados de Jones Lang y Richard Ellis

En este mismo sentido se esperaría que las zonas en donde el turismo residencial se ha implementado con especial ímpetu tiendan a consumir más suelo urbanizado. En la dimensión de la estructura urbana, además del nivel de policentrismo, se ha querido controlar el nivel de fragmentación de los tejidos urbanos como se detallará más adelante.

Con las premisas de la Ecuación 1, el modelo econométrico utilizado es el siguiente:

$$\ln Cs = K + \sum_{et=1} \beta_{et} Et_{et} + \sum_{ee=1} \beta_{ee} Ee_{ee} + \sum_{eu=1} \beta_{eu} Eu_{eu} + e \quad (2)$$

Como se aprecia en la Ecuación 2, ésta sigue una función log-lineal que responde a la necesidad de cumplir con los criterios estándar de los residuos (1,0) de este tipo de modelos econométricos calibrados por mínimos cuadrados ordinarios, MCO. Además, dicha función permite interpretar los coeficientes beta como semi-elasticidades. De esta manera, se ha construido un modelo a nivel municipal para todos los municipios que conforman las áreas

metropolitanas estudiadas. Conjuntamente, con el objeto de controlar la posible influencia introducida por la divergencia en las políticas urbanísticas y territoriales emanadas de la diferente regulación autonómica en este respecto, se ha introducido una variable ficticia para cada área metropolitana, AM. Dicha variable, también pretende internalizar diferencias en el nivel de renta de la población y otros aspectos territoriales no internalizados explícitamente en el modelo, que pudieran tener alguna influencia sobre el consumo de suelo per cápita.

A continuación, se definen los indicadores que subyacen a cada una de las tres dimensiones explicativas del consumo de suelo, así como la información utilizada en su construcción y el origen estadístico de la misma.

3.3 Indicadores de cada dimensión, datos utilizados en su construcción y origen de los mismos

A) El indicador de consumo de suelo

El cálculo del indicador de consumo de suelo es la parte de interés principal, puesto que en la hipótesis que se pretende validar se intenta demostrar que hay una mayor eficiencia en la urbanización de metrópolis policéntricas en relación a otras que no lo sean o tengan un menor nivel de policentrismo (Comisión Europea, 1999).

Siguiendo a Marmolejo y Stallbohm (2008), el consumo de suelo per cápita considera tanto a la población en su faceta productiva (lugares de trabajo localizados, en adelante LTL) como en la reproductiva (población residente, en adelante POB).

$$CS = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{Pob+LTL} \quad (3)$$

Los datos de población y actividad económica, LTL, se han obtenido a través de la información del Censo de Población y Vivienda del 2001 del Instituto Nacional de Estadística (en adelante, INE). Mientras que el suelo artificializado (S) proviene del Corine Land Cover 2000² (en adelante, CLC00). En este último sentido se ha considerado que dicho suelo está formado por las siguientes categorías y respectivos códigos del CLC00: tejido urbano continuo (11100), al abierto (11210), al extenso (11220), a las áreas industriales (12110), a las comerciales y de servicio (12120), las portuarias (12300 y 12400), las áreas verdes (14100), campos de golf (14210) y otras instalaciones deportivas (14220). Nótese que la superficie de autopistas y de las ferrovías no se ha considerado por tal de no sesgar la densidad de los municipios con poca superficie artificializada por los cuales atraviesan autopistas que en muchos casos ni siquiera tienen salida a dichas poblaciones. El procesamiento de la información cartográfica se ha realizado con los programas de la familia ArcGIS, el software de Sistemas de Información Geográfica (en adelante, SIG) de la empresa ESRI.

² El Corine Land Cover 2000 es un proyecto de iniciativa conjunta entre la Agencia Europea del Medio Ambiente y la Comisión Europea, en el cual se aportan datos sobre la cobertura y uso del territorio europeo mediante la interpretación de imágenes satelitales Landsat y SPOT, la fotointerpretación y la clasificación del suelo.

Como se ha visto en la Figura 2, según los datos del Corine y del Censo, Bilbao es el área con el menor consumo de suelo. Esto puede ser debido a que el área bilbaína se asienta en un relieve abrupto y las vías de comunicación son esenciales, es por ello que la urbanización debe ser más concentrada y densa ya que la accesibilidad al puesto de trabajo es importante en una zona donde su topografía dificulta la movilidad y contribuye a la demanda de suelo próximo a estos centros³, observándose un predominio de la vivienda plurifamiliar sobre la unifamiliar, cosa que contribuye a una mayor optimización del terreno con el consiguiente bajo consumo de suelo. Muy por el contrario, Málaga es la que mayor consumo de suelo per cápita presenta y puede deberse al modelo de desarrollo territorial, que como es del dominio común está basado en el turismo residencial, frecuentemente acompasado por campos de golf a pesar de la orografía. Todo junto alimenta un modelo de baja densidad.

Entre las dos grandes metrópolis, Barcelona tiene un consumo medio metropolitano ligeramente superior al de Madrid. Sin embargo, no debe perderse de vista la diferencia en la estructura de la actividad económica, ya que a pesar de que Barcelona se ha terciarizado vigorosamente en el decurso de las tres últimas décadas del siglo XX, aún presenta vestigios de su pasado industrial, sobre todo en las nuevas áreas logísticas de las coronas más periféricas. Como se observa en la Tabla 2, en la metrópolis barcelonesa la mayor parte de la industria se encuentra ubicada en las coronas intermedias, (20–30 km y 30–40km), presentándose en el resto una disminución, sobre todo en el CBD de la misma, a pesar de exponer un alto porcentaje frente a Madrid, debido a que como se ha anunciado previamente, aún sigue vigente el pasado industrial. En los mismos términos de porcentajes se encuentran las oficinas en el CBD, donde va decreciendo muy sutilmente hacia la periferia. El centro del área metropolitana de Madrid refleja un menor porcentaje en los LTL tanto de industria como en los de oficinas. En el caso de las oficinas se muestra un leve aumento de las mismas conforme se alejan del centro. Con la industria se observa un notable aumento en las coronas periféricas manteniéndose constante en todas ellas.

Tabla 2. **Porcentaje de Industria y Oficinas en las dos principales metrópolis españolas: Madrid y Barcelona**

Coronas	Barcelona				Madrid			
	LTL Industria	Industria	LTL Oficinas	Oficinas	LTL Industria	Industria	LTL Oficinas	Oficinas
0 km	4.839	<div><div></div></div> 15%	731	<div><div></div></div> 15%	739	<div><div></div></div> 11%	193	<div><div></div></div> 9%
0 - 10 km	17.890	<div><div></div></div> 27%	9.764	<div><div></div></div> 15%				
10 - 20 km	153.330	<div><div></div></div> 32%	220.131	<div><div></div></div> 15%	8.458	<div><div></div></div> 19%	8.223	<div><div></div></div> 13%
20 - 30 km	110.544	<div><div></div></div> 38%	39.777	<div><div></div></div> 12%	45.545	<div><div></div></div> 22%	40.001	<div><div></div></div> 14%
30 - 40 km	88.194	<div><div></div></div> 36%	39.503	<div><div></div></div> 11%	192.714	<div><div></div></div> 18%	548.472	<div><div></div></div> 16%
40 - 50 km	61.009	<div><div></div></div> 32%	24.391	<div><div></div></div> 11%	54.328	<div><div></div></div> 20%	58.119	<div><div></div></div> 16%
50 - 60 km	38.349	<div><div></div></div> 25%	20.422	<div><div></div></div> 12%	16.593	<div><div></div></div> 18%	13.302	<div><div></div></div> 10%
AM	474.155	<div><div></div></div> 26%	354.719	<div><div></div></div> 19%	318.377	<div><div></div></div> 13%	668.310	<div><div></div></div> 27%
LTI en miles de personas								

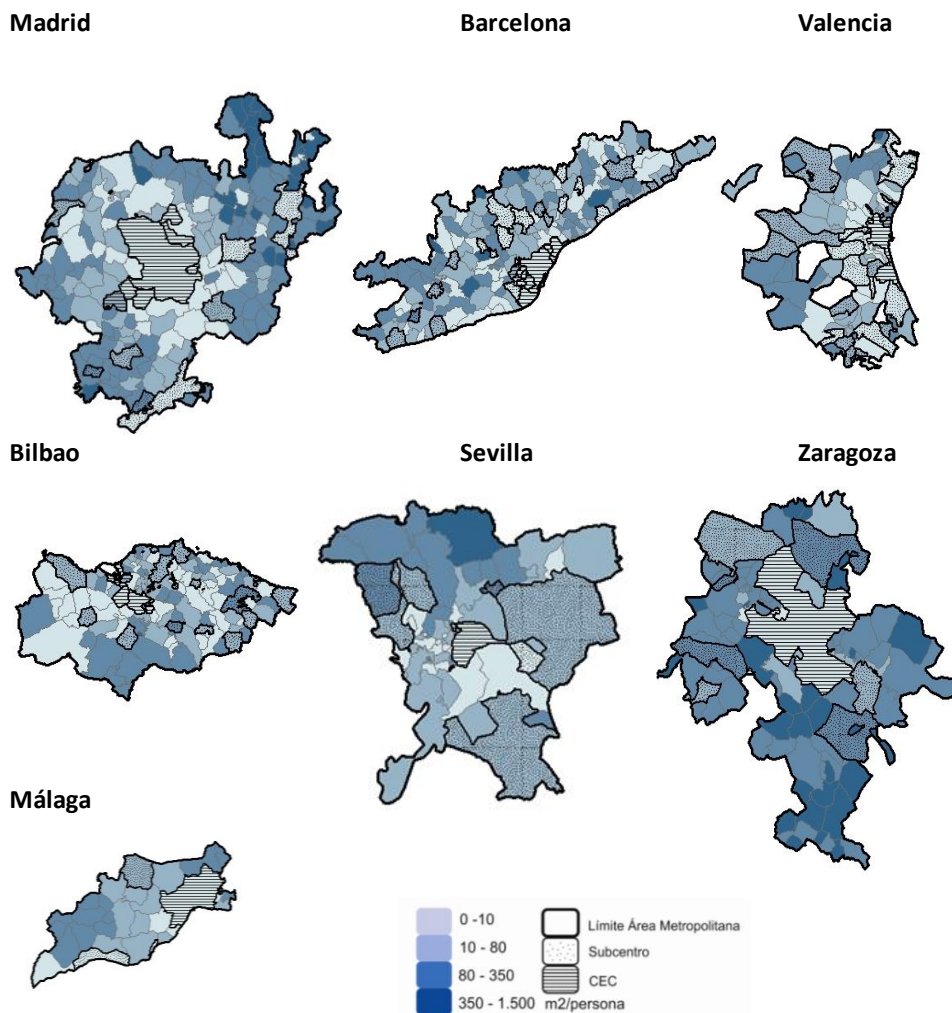
LTL en miles de personas

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Censo de Población 2001, del CNAE y del Teletatlás

³ También es cierto que un análisis pormenorizado del Corine Land Cover realizado mediante su contrastación visual con las fotos aéreas del año 2000, ha detectado ciertos fallos en los poblados y caseríos más pequeños, en cuanto que al estar caracterizados por viviendas separadas entre sí por espacios auxiliares a la producción agrícola, o simplemente por jardines o espacios vacíos, resultan imperceptibles para el satélite LandSat que está detrás del proceso de teledetección semiasistida realizado en el Proyecto.

En la Figura 3, se detalla el consumo de suelo per cápita hacia el interior de los sistemas metropolitanos. Con gran claridad, en concordancia con la teoría subyacente con la formación espacial de la densidad discutida en el punto 2 de este artículo, se observa que a medida que incrementa la distancia a los centros (especialmente en las grandes metrópolis) el consumo de suelo incrementa. Esto se debe naturalmente a la edificación en altura en los lugares centrales y aquéllos próximos, pero también al hecho que las actividades económicas presentan patrones locativos divergentes que en sus extremos tienden a las actividades terciarias, especialmente las basadas en oficinas en los lugares más centrales y a las manufactureras en los menos centrales (Marmolejo y Roca, 2006 y 2008). Asimismo, cuantos más pequeños, menos accesibles o más turísticos son las localidades municipales, tanto mayor es el consumo de suelo. Junto con estas características deberían sumarse las políticas de gestión urbana aplicadas a espacios naturales que evitan la edificación.

Figura 3. Consumo de suelo per cápita en las siete principales metrópolis españolas



Nota: Los municipios con silueta negra son identificados como subcentros de empleo en el trabajo de Marmolejo *et al.* (2012) y recuperados en éste, mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan íntima relación funcional con éste. A esta área los autores la han llamado *continuo económico central*. Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del Corine Land Cover del 2000 y del Censo de Población de 2001.

B) En la dimensión de estructura de la matriz territorial

Como se ha mencionado previamente, la matriz territorial se ha considerado que puede ser un factor altamente condicionante del consumo de suelo, ya que en aquellos lugares más accesibles geográficamente, tales como valles, llanuras o ciudades cerca del mar, tenderían a tener un alto de nivel de edificación puesto que son susceptibles tanto de intereses políticos, paisajísticos, climatológicos, entre otros. En esta dimensión se utilizan tres indicadores: i) una variable ficticia que da cuenta si un municipio es costero o no; la pendiente media del municipio; la complejidad de la orografía del municipio.

Para construir los dos últimos indicadores se ha recurrido al análisis del Modelo Digital del Terreno (en adelante, MDT), con una resolución de un píxel de 80 metros aproximadamente y con la ayuda de un software SIG. En el caso concreto de la complejidad orográfica se ha diseñado el siguiente indicador:

$$H_i = -1 * \sum_{x=1}^n P_{x_i} * \ln(P_{x_i}) \quad (4)$$

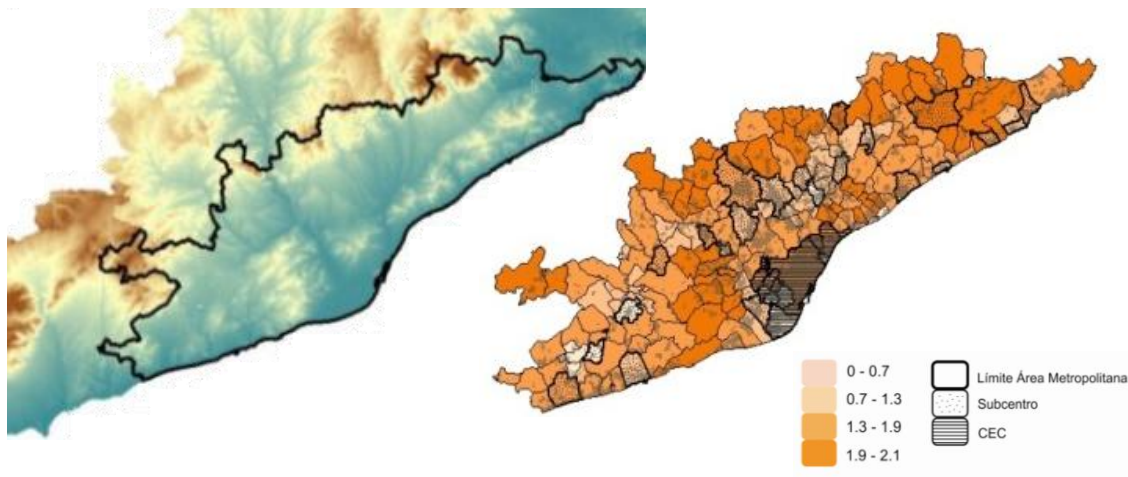
En la Ecuación 4 H es la complejidad orográfica de un municipio i , y P es la probabilidad de encontrar en dicho municipio una pendiente x determinada. De tal suerte que para calcular dicho indicador ha sido necesario categorizar toda la superficie de cada uno de los municipios de todas las áreas metropolitanas en rangos de pendientes (p.e. entre el 5% y el 15%). Cuanto mayor es el indicador de la complejidad orográfica, mayor es la variedad de pendientes y, por tanto, indica la presencia de accidentes geográficos.

La Figura 4 inferior ilustra la forma en cómo los datos del MDT son transformados en el indicador de diversidad orográfica. Con meridiana claridad se observa que en las zonas con menor nivel de accidentes orográficos son en las que se ubican los subcentros y el CBD expandido (continuo económico central en la terminología acuñada por Marmolejo *et al.*, 2012). Por tanto, como se había argüido antes, las zonas más accidentadas son zonas de mayor consumo de suelo.

Figura 4. **Ejemplo del cálculo de la complejidad orográfica en el Área Metropolitana de Barcelona**

Modelo Digital del Terreno

Complejidad orográfica



Fuente: Elaboración propia con datos del Modelo Digital del Terreno.

C) En la dimensión de la matriz de la actividad económica

Como se ha insistido, la naturaleza intensiva o extensiva de la actividad económica condiciona el consumo de suelo per cápita tal y como se ha calculado en este artículo. Por esta razón, a partir de los datos de empleo por municipio (LTL) desagregados a un dígito de agregación de la Clasificación Nacional de la Actividad Económica (en adelante, CNAE) se han construido, por medio de un análisis factorial, indicadores sintéticos de la estructura del empleo. La Tabla 3 deja ver el significado de los componentes principales extraídos cuya interpretación es la siguiente:

- Componente 1. De actividades intensivas con patrones de localización más bien central. Está formado principalmente por actividades terciarias, basadas en las oficinas (p.ej. las finanzas), los servicios (p.ej. los personales) o el comercio.
- Componente 2. De actividades basadas en la construcción. Este componente se ha decantado por explicar la localización de las zonas en construcción, cuya localización suele responder a las áreas más periféricas de las AM, y por ende a zonas de construcción de baja densidad y alto consumo de suelo.
- Componente 3. De servicios intensivos relacionados con la prestación de servicios públicos. Este componente aúna la localización del empleo relacionado con la administración y la sanidad. Su localización no es necesariamente central, puesto que responde a las lógicas espaciales relacionadas con las políticas públicas de equilibrio territorial.

Tabla 3. Indicadores sintéticos de la estructura de la actividad económica de las áreas metropolitanas españolas

Matriz de componentes rotados			
	Componentes		
	1	2	3
Fabricación	-0,166	-0,730	-0,461
Construcción	-0,080	0,866	-0,103
Comercio	0,682	0,031	-0,242
Finanzas	0,780	0,051	0,085
Servicios	0,745	-0,085	0,235
Administración	-0,080	0,300	0,639
Sanidad	0,110	-0,119	0,765

Fuentes: Elaboración propia con datos del Censo 2001 y CNAE

D) En la dimensión de la estructura urbana

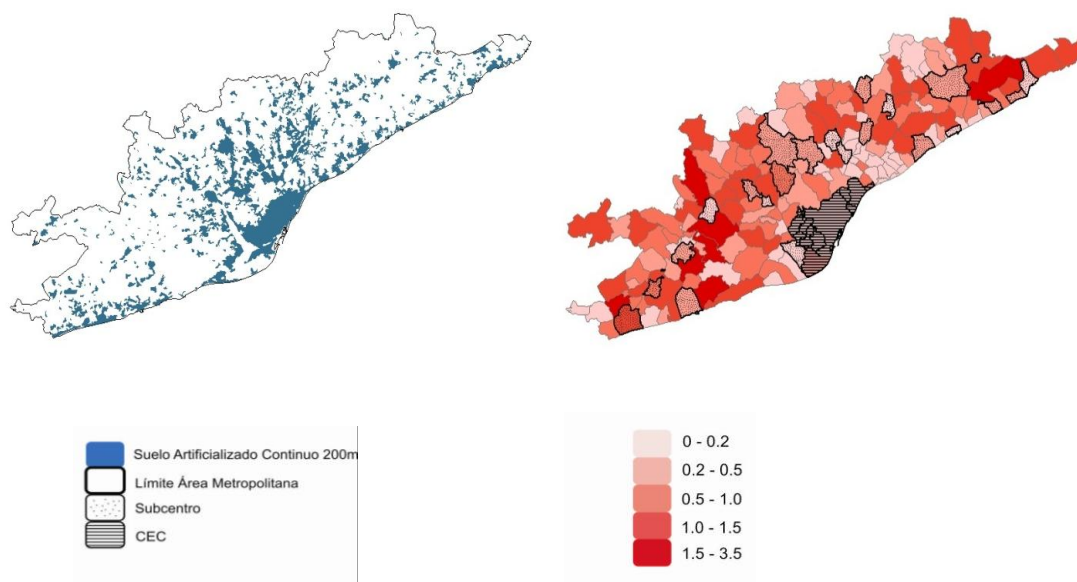
En esta dimensión se inscriben dos indicadores fundamentalmente: por una parte la fragmentación de los tejidos urbanizados, y por otra el de policentrismo. La fragmentación del tejido urbanizado se refiere al nivel de discontinuidad de los continuos urbanizados. En el fondo, este indicador que está fuertemente correlacionado con el tamaño de las áreas metropolitanas y con la naturaleza orográfica de los territorios en los cuales éstas se asientan, también internaliza la diferente idiosincrasia de utilización del territorio. Así, la discontinuidad puede ser interpretada como una solución de continuidad que permite respetar las zonas no urbanizadas (p.e. zonas naturales o agrícolas) rodeándolas o estableciendo corredores entre ellas; aunque también puede tener una lectura negativa al interpretarse como la creación de territorios vacíos de cuestionable utilidad inmersos en la red de infraestructuras suburbanas de las grandes metrópolis que no hacen sino mermar (p.e. fragmentar) la experiencia urbana y, en ese sentido, la calidad de vida de sus moradores.

El procedimiento de cálculo del indicador de fragmentación es el siguiente: en primera instancia los diferentes polígonos del CLC se han fusionado en función de su contigüidad. Luego, se ha calculado para cada municipio el número de polígonos urbanizados discontinuos y la superficie de cada uno de ellos se ha computado. Con esta información se ha calculado la complejidad de la continuidad de la urbanización siguiendo el criterio de Marmolejo y Stallbohm (2008) que utiliza la misma Ecuación 4. Dónde, en este caso, P_{xi} es la probabilidad de encontrar suelo urbanizado en cada polígono x de un municipio i determinado. En la Figura 5 se ejemplifica el resultado para el área metropolitana de Barcelona. Con gran claridad se observa que a medida que incrementa el nivel de perifericidad, la fragmentación del tejido urbanizado también incrementa. Ello responde, naturalmente, a que la demanda de suelo es menor, al hecho de que en la periferia se ubican actividades históricamente consideradas como nocivas (p.e. polígonos industriales) situados de manera discontinua a la edificación, y también a la presencia de áreas agrícolas naturales con un mayor grado de preservación. La correlación entre el consumo de suelo y la fragmentación es, por tanto, positiva.

Figura 5. Ejemplo del cálculo de la fragmentación del tejido urbanizado en el Área Metropolitana de Barcelona

Suelo Artificializado Continuo 200m

Fragmentación



Nota: Los municipios con silueta negra son identificados como subcentros de empleo en el trabajo de Marmolejo *et al.* (2012) y recuperados en éste, mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan íntima relación funcional con éste. A esta área los autores la han llamado *continuo económico central*.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Corine Land Cover del año 2000.

Por su parte, el indicador de policentrismo se ha introducido mediante dos variables. La primera es una variable ficticia que adopta el valor 1 si un municipio es considerado subcentro. La segunda es la distancia que separa cada municipio del CBD y la distancia inversa⁴ al subcentro al cual se encuentra adscrito funcionalmente⁵. La distancia se ha calculado a través de un análisis de rutas mínimas realizado en el software SIG *TransCAD* a partir de la malla viaria de *TeleAtlas*. De este modo, las distancias a los centros (CBD y subcentros) intentan medir el impacto que éstos irradian sobre el proceso de organización en su entorno.

Los subcentros considerados en este artículo son aquéllos detectados por Marmolejo *et al.* (2012), a partir del análisis de las relaciones funcionales basadas en la movilidad residencia-trabajo del Censo del año 2001. La Tabla 4 y la Figura 6 reproducen sintética y gráficamente los análisis de estos autores. Como se aprecia, Barcelona es la metrópolis más policéntrica. Así, sus 23 subcentros acaparan un 22% del empleo y de la población metropolitana. A

⁴ La inversa de la distancia evita los problemas de multicolinealidad producidos por el hecho de que, en algunos casos, la distancia al CBD está correlacionada con la distancia a los subcentros, debido a su proximidad espacial.

⁵ Como lo detallan Marmolejo *et al.* (2011), el procedimiento de identificación de subcentros parte de la creación de subsistemas funcionales. Un subsistema funcional es aquél en el que los municipios incluidos guardan entre sí la máxima relación funcional de tantas cuantas puedan tener. De tal suerte, que el municipio más vinculado funcionalmente con el resto, y que tiene la mayor densidad de empleo, es el subcentro. Como se ve, la propia metodología de identificación de subcentros permite adscribir de entrada cada municipio a un subcentro determinado.

continuación sigue Valencia con 17 subcentros, que acaparan respectivamente un 20% y un 19% del empleo y de la población. Bilbao se perfila como la tercera área policéntrica con 14 núcleos fuera del continuo económico central.

En el extremo contrario se encuentran las metrópolis más monocéntricas. Madrid, el sistema más grande por lo que a población y empleo se refiere, tiene apenas 8 subcentros cuya participación en la concentración de empleo y residencia es anecdótica; en ese sentido, sólo Zaragoza supera a Madrid por lo que a lo exiguo de la importancia de sus subcentros se refiere.

El caso de Málaga guarda una singularidad sin parangón, puesto que en sólo tres subcentros (el número más escaso de todo el sistema metropolitano español) se concentra una cantidad de empleo muy significativa (un 22%, casi la misma proporción que concentran los subcentros barceloneses).

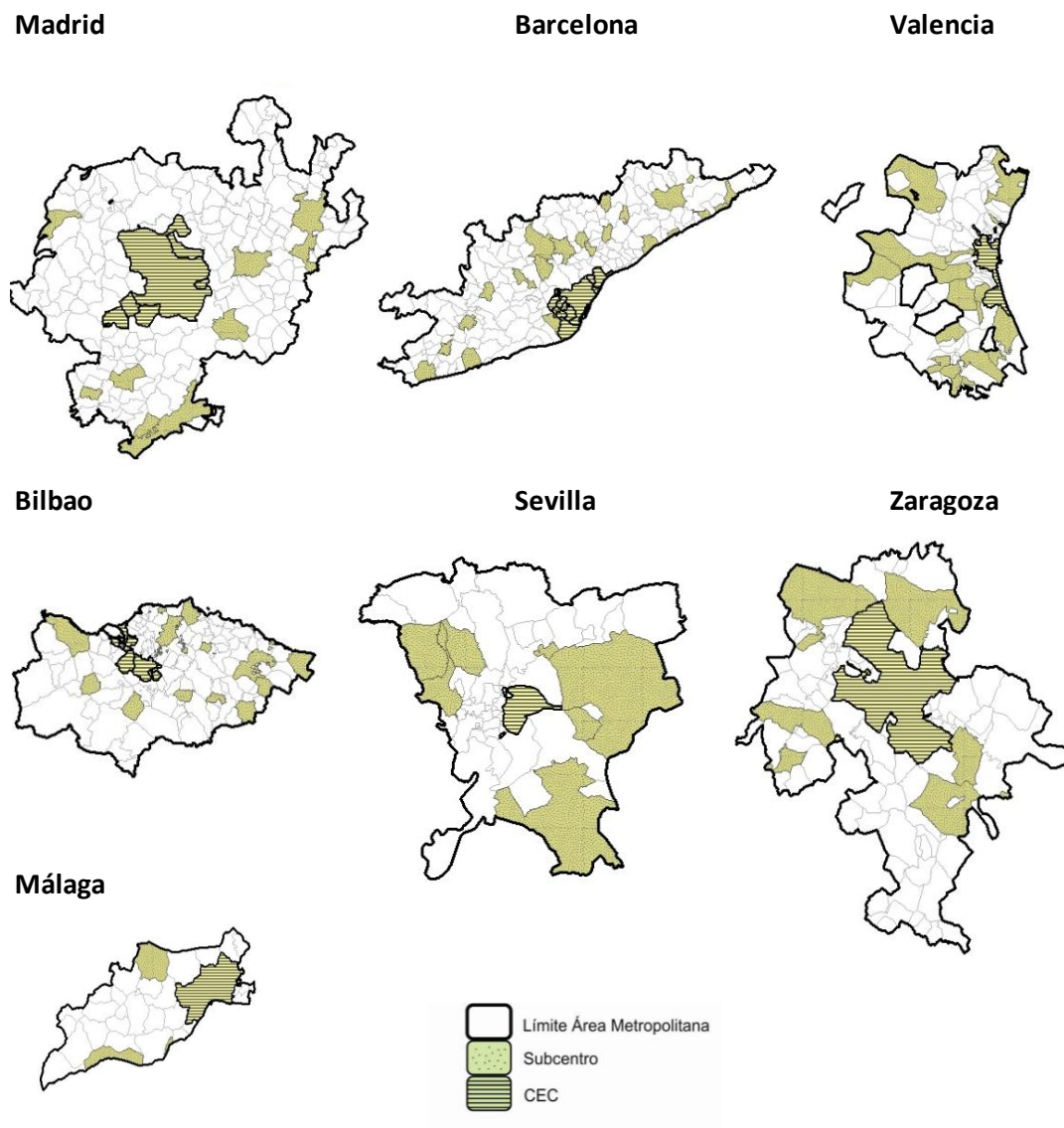
Tabla 4. Estructura policéntrica de las áreas metropolitanas españolas de acuerdo con Marmolejo *et al.* (2011)

Metrópoli	LTL	LTL en CEC (%)	Subcentros derivados del análisis de movilidad			
			Subcentros fuera del CEC	LTL en subcentros fuera del CEC (%)	Pob en subcentros fuera del CEC (%)	
Madrid	2.446	72%	8	5%	6%	
Barcelona	1.904	55%	23	22%	22%	
Valencia	689	47%	17	20%	19%	
Sevilla	448	63%	7	7%	9%	
Bilbao	438	56%	14	15%	15%	
Zaragoza	302	81%	7	4%	4%	
Málaga	367	52%	3	23%	16%	

LTL en miles de personas

Fuente: Marmolejo *et al.* (2012)

Figura 6. **Número de subcentros de empleo de las principales metrópolis españolas según el trabajo de Marmolejo *et al.* (2012)**



Nota: Los municipios con silueta negra son identificados como subcentros de empleo en el trabajo de Marmolejo *et al.* (2012) y recuperados en éste, mientras que la zona sombreada es el centro expandido compuesto por el CBD y los municipios conurbados que guardan íntima relación funcional con éste. A esta área los autores la han llamado *continuo económico central*.

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos del Corine Land Cover del 2000 y del Censo de Población de 2001.

Finalmente, se presenta la Tabla 5 síntesis de los estadísticos descriptivos de las variables introducidas en el modelo.

Tabla 5. **Síntesis de los estadísticos descriptivos de las variables introducidas en el modelo**

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Fuente
Fragmentación	690	0,000	3,508	0,503	0,556	A
Municipio Subcentro	690	0,000	1,000	0,100	0,306	B
Municipio Costa	690	0,000	1,000	0,100	0,296	C
Pendiente Media	690	0,000	0,573	0,139	0,095	C
Complejidad Orográfica	690	0,000	2,174	1,232	0,708	C
Componente 1. De actividades intensivas con patrones de localización central	690	-2,290	6,381	0,000	1,000	D
Componente 2. De actividades basadas en la construcción	690	-3,048	4,642	0,000	1,000	D
Componente 3. De servicios intensivos públicos	690	-3,498	6,984	0,000	1,000	D
Consumo Suelo m2/per	690	0	3.240	334	416	E
N	690					

N) Número de casos/municipios

A) Corine Land Cover CLC00

C) Modelo Digital del Terreno MDT

E) Corine Land Cover CLC 00 y Censo 2001

B) Movilidad Censo 2001

D) CNAE y Censo 2001

Fuente: Elaboración propia

4. ¿Reduce el policentrismo el consumo del suelo artificializado?

Llegados a este punto, es necesario contestar la pregunta de investigación que guía este trabajo. Tras varios modelos, se ha decido sacar del estudio el área metropolitana de Bilbao, ya que las inconsistencias detectadas en el consumo del suelo declarado en la base de datos del CLC00 conllevaba a una severa infravaloración de dicho consumo. Una vez solventados los problemas de multicolinealidad, producidos por la correlación de algunas de las variables explicativas mediante la eliminación de la variable con menor poder explicativo, el mejor modelo encontrado es capaz de explicar un 49% del consumo de suelo en el sistema metropolitano español. La Tabla 6 resume los resultados de dicho modelo. En general el signo de las covariables y de los factores es el esperado.

Tabla 6. **Modelo de regresión de consumo de suelo para las principales metrópolis españolas**

Modelo de Regresión Múltiple			
	Coeficientes		
	B	Beta	Sigma
Constante	-0,503		0,000
Componente 1. De actividades intensivas con patrones de localización central	-0,347	-0,367	0,000
Componente 2. De actividades basadas en la construcción	0,212	0,220	0,000
Fragmentación	0,491	0,292	0,000
Pertenencia Área Metropolitana de Málaga	-0,158	-0,362	0,000
Pertenencia Área Metropolitana de Sevilla	-0,664	-0,194	0,000
Pertenencia Área Metropolitana de Valencia	-0,503	-0,202	0,000
Pertenencia Área Metropolitana de Barcelona	-0,199	-0,096	0,010
Municipio subcentro	-0,279	-0,090	0,002
Resumen del modelo			
R	0,704		
R cuadrado	0,496		
R cuadrado corregida	0,489		
Error típico de la estimación	0,669		
Durbin- Watson	1,927		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el coeficiente tipificado beta, el principal factor explicativo del consumo de suelo es la estructura de la actividad económica, tanto es así, que los dos indicadores que la sintetizan han entrado al modelo con un alto nivel explicativo y de significancia. De esta manera, cuantas más actividades centrales intensivas existen, como aquéllas basadas en edificios de oficinas (p.e. servicios empresariales, financieros, administrativos, etc.), menor es el consumo de suelo (Beta = - 0,367), al tiempo que el componente principal 2, que explica la presencia de actividades constructivas de baja densidad (y por tanto el modelo urbanístico disperso) contribuye como es evidente a incrementar el consumo de suelo (Beta = + 0,220). A continuación entran variables relacionadas con la estructura urbana, pero no con el nivel de policentrismo, sino con la fragmentación. De esta manera, cuantos más fragmentados son los tejidos urbanos, mayor es el consumo de suelo (Beta = + 0,292). La estructura del territorio y más particularmente la complejidad orográfica, está positivamente correlacionada con el consumo de suelo (Beta = + 0,236), esto es plenamente coherente con el hecho de que las zonas escarpadas, o aquéllas en donde la pendiente cambia de dirección continuamente, son raramente urbanizadas en alta densidad, debido al sobre coste que significa el movimiento de tierras, la provisión de servicios domiciliarios y, sobre todo, la solución de las necesidades de movilidad. Llama poderosamente la atención que la pendiente, una vez que la complejidad orográfica ha sido considerada, no tiene un poder explicativo suficientemente significativo para ser tomada en cuenta.

A continuación entran, en signo negativo, las variables *dummy* de todas las áreas metropolitanas, a excepción de Madrid y Zaragoza. Esto es significativo de que, una vez que las diferencias entre la estructura económica, territorial y nivel de fragmentación de los tejidos urbanizados de las diferentes áreas metropolitanas han sido controladas, *Madrid y Zaragoza*

consumen más suelo per cápita y son, por ende, los modelos de urbanización con un nivel de sostenibilidad más comprometido dentro del universo metropolitano español por cuanto al consumo de suelo se refiere. En este sentido, el modelo de regresión que tiene la virtud de aislar el efecto de las covariables permite asegurar que en Barcelona, a pesar de que el consumo de suelo per cápita medio metropolitano sea ligeramente superior al de Madrid, el modelo de urbanización barcelonés es más sostenible que no el madrileño, el mayor consumo de suelo en Barcelona es fruto de una estructura económica sensiblemente más industrializada y una mayor complejidad orográfica impuesta por los sistemas prelitoral y litoral frente a un territorio más llano del altiplano en el cual se desarrolla la inmensa mayor parte del sistema urbano de la capital de España.

Escudriñados todos los factores que inciden en la explicación del consumo de suelo, queda decir que el policentrismo apenas tiene incidencia en el mismo. En efecto, el impacto del policentrismo se limita al municipio detectado como subcentro ($\beta = -0,09$) y no se extiende allende del mismo, en tanto cuanto que la distancia al subcentro adscrito no ha resultado estadísticamente significativa en nuestros estudios. *Hay que buscar, por tanto, las bondades de los modelos de crecimiento policéntrico en otros vectores ambientales.*

5. Conclusiones

En este artículo se intenta probar la relación entre el policentrismo y el consumo de suelo. Desde una perspectiva teórica, se esperaría que la densidad demográfica, es decir, la inversa del consumo de suelo per cápita, estuviese influenciada por la proximidad al CBD y a los subcentros. Mediante un modelo de regresión múltiple, esta relación ha sido puesta a prueba a escala de las siete grandes áreas metropolitanas del estado español. Una vez que otras variables afiliadas a la matriz territorial y la estructura de la actividad económica han sido controladas, el papel de los subcentros en la reducción del consumo de suelo es, por demás, exiguo. No sólo no son los subcentros significativos en la reducción del consumo de suelo de los municipios que los rodean, sino que incluso, la reducción del consumo de suelo en los propios subcentros está muy por detrás, en términos de significancia e importancia estadística, de otros factores. En efecto, es la estructura de la actividad económica y, más en el fondo, el carácter intensivo/extensivo de los lugares de trabajo localizados, los factores determinantes del consumo de suelo, seguidos por la naturaleza orográfica de la matriz territorial que da sustento físico a las metrópolis, y el nivel de fragmentación de los tejidos urbanizados. Así, cuanto más compleja es la matriz territorial y cuanto mayor es la ruptura de los tejidos urbanos mayor es el consumo de suelo per cápita.

Hace falta, por tanto, evaluar con más profundidad hasta qué punto la naturaleza de los modelos policéntricos adoptados como bandera de batalla por los planificadores territoriales y urbanos a todos los niveles, produce efectivamente sistemas urbanos más sostenibles y eficientes, como hasta ahora se ha anunciado.

Agradecimientos

Este trabajo se deriva de la tesis de la autora principal, dirigida por el co-autor, con título *Estudio sobre el impacto de la estructura urbana en la eficiencia de la urbanización: un primer análisis del consumo de suelo en las 7 principales metrópolis españolas*, realizada en el marco del Máster Universitario de Investigación en Gestión y Valoración Urbana y en el marco del proyecto de investigación *¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Evolución, caracterización e influencia de los subcentros metropolitanos sobre la eficiencia de la urbanización*. Dicho proyecto es financiado por el extinto Ministerio de Ciencia e Innovación bajo el código CSO-2009-07218, siendo el investigador principal el co-autor de este artículo.

Bibliografía

CHAMBERS, I. *Some Metropolitan Tales*. En: Border Dialogues: Journeys in Postmodernity. Routledge, Londres y Nueva York, 1990, pp: 53-54.

COMISIÓN Europea. Estrategia Territorial Europea. *Hacia un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio de la UE*. Comisión Europea, Luxemburgo, 1990. 96 p.

GARCÍA, J.C. y GUTIÉRREZ, J. *La ciudad dispersa: cambios recientes en los espacios residenciales de la comunidad de Madrid*. Departamento de Geografía Humana, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2007. 30 p.

MARMOLEJO, C. et al. *Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas*. En: Ciudad y Territorio Sostenible. Estudios territoriales, próxima publicación, 2012.

MARMOLEJO, C. y ROCA, J. *La localización intrametropolitana de las actividades de la información: un análisis para la región metropolitana de Barcelona 1991-2001*. En: Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, vol. XII, núm. 268, p. 1-30, 2008.

MARMOLEJO, C. y ROCA, J. *Hacia un modelo teórico del comportamiento espacial de las actividades de oficina*. En: Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, vol. X, núm. 217, p. 1-20, 2006.

MARMOLEJO, C. y STALLBOHM, M. *En contra de la ciudad fragmentada: ¿Hacia un cambio de paradigma urbanístico en la región metropolitana de Barcelona?* En: Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Vol. XII, núm. 270 (65), 2008.

MUÑOZ, F. *La ciudad de baja densidad: Lógicas, gestión y contención*. En: Colección Estudios Serie Territorio, núm 1, pp: 51-84, 2007.

O'SULLIVAN, A. *Economics: Principles applications, and tools*. Ed. Pearson Education Limited, Oregon State University, 2007. 792 p.

ROCA, J. *et al.* *Urban Structure and Polycentrism: Towards a redefinition of the sub-centre concept*. En: *Urban Studies*, 46: 2841- 2868, 2009.

ROCA, J. *et al.* *Estructura urbana, Policentrismo y Sprawl, los ejemplos de Madrid y Barcelona*. En: *Ciudad y Territorio*, XLIII (168): 299-321, 2011.

SIMÓN, R. y HERNÁNDEZ, A. *Relaciones entre cambio de modelo urbano-territorial y consumo de suelo en los municipios españoles*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2009. 19 p.

El estudio de la estructura urbana desde el punto de vista de la movilidad de la población en el territorio

Carlos Marmolejo Duarte, Jorge Cerda Troncoso, Moira Tornés Fernández

Introducción

Tradicionalmente, las ciencias propias del análisis del territorio tales como la geografía y el urbanismo han estudiado la estructura urbana desde una perspectiva morfológica. De esta manera el análisis de los patrones de urbanización se ha basado en el reconocimiento, taxonomía y jerarquización de tejidos físicos y los conectores que los unen y dan estructura. Así, se han diferenciado zonas residenciales, zonas de actividades económicas, espacios públicos abiertos, ejes viarios estructurantes, zonas de transición, entre otras. De hecho esta aproximación, estilizada si se quiere, ha sido utilizada incluso para reconocer los límites de las áreas conurbadas contemporáneas. Sin embargo, esta aproximación ha sido progresivamente abandonada a la par que la sociedad ha avanzado a formas más complejas de utilización del territorio, en donde las actividades que se realizan en cada uno de los tejidos urbanizados no corresponden necesariamente con el uso principal para el cual fueron diseñados y por ende difieren de su morfología. De esta manera, por ejemplo, el trabajo ha ganado ubicuidad gracias a las tecnologías de la telecomunicación, mientras que las relaciones espaciales entre el sitio de residencia y de trabajo se han flexibilizado al grado de alargarse y producir uniones funcionales entre ámbitos de apariencia morfológica rural pero con dinámicas propias de las zonas urbanas. De la misma manera, las zonas tradicionalmente orientadas a la producción han ido cediendo peso a otras actividades emergidas de la flexibilización laboral. Así, los espacios temporales del ocio se funden con los laborales y no es extraño ver a plena jornada laboral a personas haciendo *running* entre los edificios de oficinas, o ciclistas invadiendo los polígonos industriales. Así, ha emergido la cultura del ocio, del cuidado de la persona y el consumo, a la par que las estructuras demográficas y familiares han cambiado de forma radical en pocos años. Vivimos, por ende, en un territorio donde las apariencias engañan o por lo menos las dinámicas sociales son menos fieles a la morfología urbana. Este proceso exige, por ende, nuevos instrumentos de análisis de la estructura de las ciudades, es decir de la organización de las actividades urbanas a lo largo del territorio, que sean capaces de aprehender las dinámicas reales de las personas y no se limiten a suponer que éstas circunscriben sus actividades a las plataformas e infraestructuras edificadas. En este capítulo expondremos cómo el análisis de la movilidad a lo largo del espacio y del tiempo puede constituirse en un elemento cabal en el estudio de la forma de las ciudades. Así, los trabajos que aquí se revisan parten del supuesto que son las personas quienes con su comportamiento espacio-temporal dan contenido, diferencian y ponen en relación a los lugares. Por otra parte, se aborda el impacto de la forma urbana sobre la movilidad de personas.

El estudio de la estructura urbana desde la función

Por estructura urbana nos referimos a la distribución espacial la residencia y las actividades no residenciales, es decir, de la población y las actividades económicas. Esta aproximación simplificada responde, en realidad, a una visión más compleja en la cual entran en interacción los dos principales mercados urbanos la vivienda y el empleo. Así, la estructura urbana adopta tres patrones fundamentales: el monocentrismo, en el cual la actividad económica se concentra en una zona de la ciudad, el policentrismo en el cual existe más de una concentración y la dispersión en el cual no existe un patrón claro de formación de núcleos. Por ende, los estudiosos de la estructura urbana han centrado su atención en la identificación de dichos patrones a través de la detección de subcentros.

La identificación de subcentros, de las aproximaciones morfológicas a las funcionales y su aplicación en las áreas metropolitanas españolas

La tradición de estudios empíricos se ha subdividido en una corriente basada en el análisis morfológico, y otra en la identificación de nodos dentro de una red y, por tanto, funcional. Quizá por facilidad a escala territorial y por su coherencia con la teoría fundacional de la economía urbana en la escala urbana, el análisis de la densidad (morfológico) ha sido el más utilizado en la caracterización de la estructura territorial y urbana.

Desde una perspectiva territorial se ha entendido que el tamaño y la densidad de los centros urbanos son significativos de la cantidad de equipamientos, servicios especializados e infraestructuras que generan tensiones territoriales y que los dotan de un carácter polarizador (Pillet, *et al.* 2010). Una postura christalleriana¹ claramente emparentada con la teoría del lugar central y que asume que los centros menores quedan necesariamente relegados a un plano subsidiario en su papel de puntos de provisión de servicios menos especializados, cuya demanda es más elástica y, por tanto, su *hinterland* (área de influencia) es menos extenso que aquel que generan los lugares centrales.

En cambio, desde una perspectiva urbana, según la teoría de renta ofertada (O'Sullivan, 2011) la densidad está directamente correlacionada con la renta del suelo, y ésta a su vez con el nivel de accesibilidad, entre otras cosas. De manera que cuanto mayor es la centralidad, mayor es el ahorro en costes de transporte, y por ende mayor la disponibilidad a pagar por el suelo, y en consecuencia la densidad edificada incrementa. Dicha teoría asume que los promotores inmobiliarios, basados en el principio de sustitución, para edificar una misma superficie de techo en zonas centrales en donde el suelo es caro, sustituyen el consumo de éste por edificación en altura. De modo que, a pesar de que dicho tipo de edificación encarece sensiblemente su coste unitario, el ahorro en el suelo no consumido es mucho mayor. En cambio en las localizaciones periféricas, en donde el suelo es más barato, dicha compensación no ocurre, y en consecuencia la configuración más ventajosa es la edificación de baja altura, lo

¹ De hecho, el trabajo de Christaller es más profundo que lo aquí expuesto, ya que distingue entre los conceptos de centralidad y nodalidad. El primero se refiere a la importancia del lugar en función de su capacidad de exportar bienes y servicios al *hinterland*, mientras que el segundo está relacionado con la importancia derivada del consumo interno de la propia población del lugar. Sin embargo, con el paso del tiempo dicha distinción se ha ido simplificando hasta converger en la agregación de ambos conceptos en uno.

que al final del día acaba produciendo un gradiente de densidad semejante a la formada por el valor del suelo (Mills y Hamilton, 1984), en donde los picos evidencian la existencia de centralidades.

Sobre este razonamiento ha aparecido una plétora de métodos empíricos de identificación de subcentros, en donde los más sofisticados identifican como núcleos a aquellas zonas con una densidad de empleo anormalmente mayor en relación con su posición respecto al centro del sistema urbano, y para ello se basan en modelos econométricos espaciales, como se resume en la Tabla 1².

Tabla 1 Métodos de identificación de subcentros basados en criterios morfológicos

Grupo	Criterio	Principales aportaciones/aplicaciones
Detección de picos de empleo	Identificación de áreas con densidades de empleo significativamente diferentes a las de su entorno.	McDonald (1987); Gordon, Richardson & Wong (1986); McDonald & McMillen (1990); Craig & Ng (2001)
Umbrales	Identificación de áreas que superan simultáneamente un umbral de masa crítica y otro de densidad, en ambos casos de empleo.	Giuliano & Small (1991); Cervero & Wu (1997), McMillen & McDonald (1997); Bogart & Ferry (1999), Anderson & Bogart (2001); Sheamur & Coffey (2002); Hall & Pain (2006); Giuliano & Readfeam (2007); García-López (2007, 2008); Muñoz & García-López (2009); Gallo, Garrido & Vivar (2010)
Paramétrico	Identificación de áreas con residuos significativamente positivos en un modelo econométrico en donde la variable explicada es la densidad de empleo y la explicativa es la distancia al CBD.	McDonald & Prather (1994); Ruiz & Marmolejo (2008); Roca, Marmolejo, Moix (2009); Aguirre & Marmolejo (2010)
No paramétrico	Idem anterior, pero considerando las especificidades locales del espacio bidimensional mediante el uso de la regresión local o geográficamente ponderada.	McMillen (2001a); Craig & Ng (2001); Readfeam (2007); Suarez & Delgado (2009)

La familia de métodos de identificación de subcentros basados en criterios funcionales es mucho más pequeña y está relacionada con la teoría de las redes de ciudades (Berry, 1964; Pred, 1977; Dematteis, 1985), contrapuesta, hasta cierto punto, a la del lugar central, en cuanto a que las relaciones jerárquicas quedan opacadas por la coexistencia de relaciones horizontales de complementariedad. Los métodos afiliados a estas metodologías, resumidos en la Tabla 2, identifican como nodos a las zonas cuyas relaciones con el resto del territorio son capaces de darle cohesión y estructura, y para ello se basan en análisis cuantitativo de los

² Para un análisis del estado del arte en este sentido pueden consultarse las revisiones recientes de Boix y Trullen (2012); Marmolejo y Cerda (2012) Marmolejo *et al* (2013a)

flujos, general aunque no exclusivamente de movilidad laboral, entre las diferentes zonas. Una de las ventajas de esta segunda familia de métodos es que los flujos parecen adaptarse mejor a los cambios en las dinámicas urbanas en relación con la densidad. La ciudad es, sobre todo, capital fijado, y por tanto tremendamente rígida en cuanto a su adaptación formal a los continuos cambios sociales, hecho, si cabe, reforzado por el planeamiento urbanístico (Roca, 1988) y por la justificada necesidad de preservar nuestro patrimonio edificado.

Tabla 2 Métodos de identificación de subcentros basados en criterios funcionales

Grupo	Criterio	Principales aportaciones/aplicaciones
Ratio viajes/empleo	Identificación de áreas que atraen significativamente más viajes que otras una vez controlado el número de empleos.	Gordon, Richardson & Giuliano (1989); Gordon & Richardson (1996)
Modelos de interacción espacial	Identificación de áreas cuyos flujos atraídos son superiores a los predichos por un modelo gravitatorio que controla la masa de la zona atractora y emisora y la distancia que las separa.	Camagni (1994); Trullen & Boix (2000)
Subsistemas	Identificación de las zonas que estructuran subsistemas funcionales, entendidos por éstos el conjunto de zonas unidas por altos valores de interacción (VI). El VI es la fuerza de unión bidireccional ente dos zonas calculada a partir de los flujos entre ellas una vez controlada su masa).	Roca & Moix (2005); Roca, Marmolejo & Moix (2009); Roca, Arellano & Moix (2011)

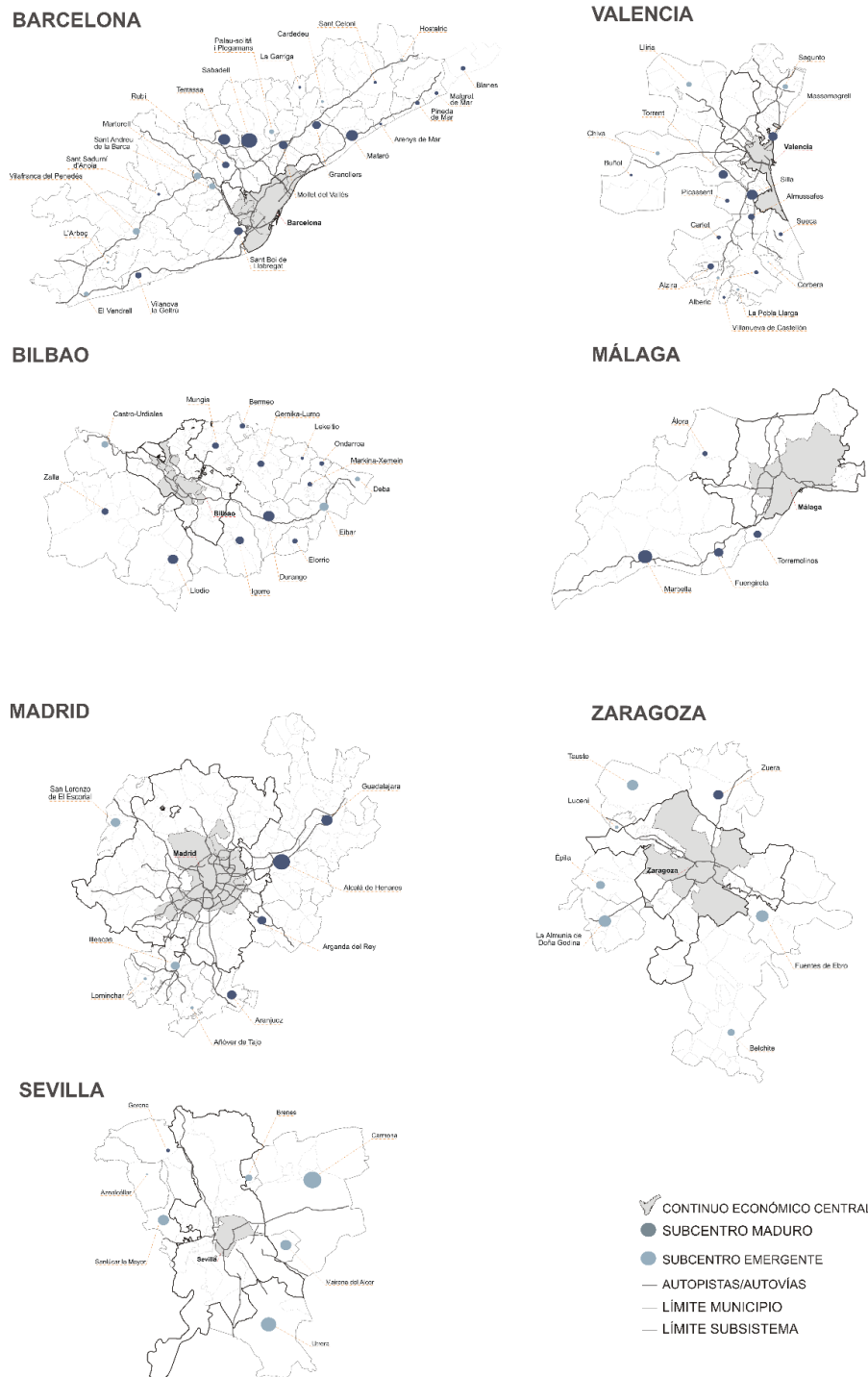
Fuente: Elaboración propia con base en Ureña, Pillet y Marmolejo (2013)

En cualquier caso, cabe insistir en que ya sea que se vaya por la vía morfológica como por la funcional el elemento de análisis es, en el fondo, el mismo. Ya que la densidad no es más que la suma de flujos que llegan a un sitio determinado, si bien queda normalizada por el suelo que ocupan. Estructura y función urbana son dos caras de una misma moneda que no es otra que el comportamiento de la población en el espacio y el tiempo.

Siguiendo el método de identificación de subsistemas diseñado por Josep Roca (ver trabajos en la Tabla 2) basado en flujos residencia-trabajo ha sido posible identificar tanto los límites de las áreas metropolitanas españolas como su estructura (Figura 1). De esta forma, de los grandes sistemas urbanos de este país, podemos decir que los sistemas más polinucleados por lo que se refiere al número de núcleos y su importancia relativa en términos de concentración del empleo metropolitano son, siguiendo el criterio funcional de identificación de subcentros: Barcelona, Valencia y Bilbao, seguidos de lejos por Sevilla, Madrid y Zaragoza. Málaga es un caso muy especial, porque teniendo pocos núcleos, éstos concentran una significativa cantidad de actividad económica, con lo que dicha metrópoli tendería más hacia la equipotencialidad,

toda vez que la presencia de importantes núcleos terciarios como Marbella y servindustriales como Torremolinos o Fuengirola, rivalizan con la ciudad central.

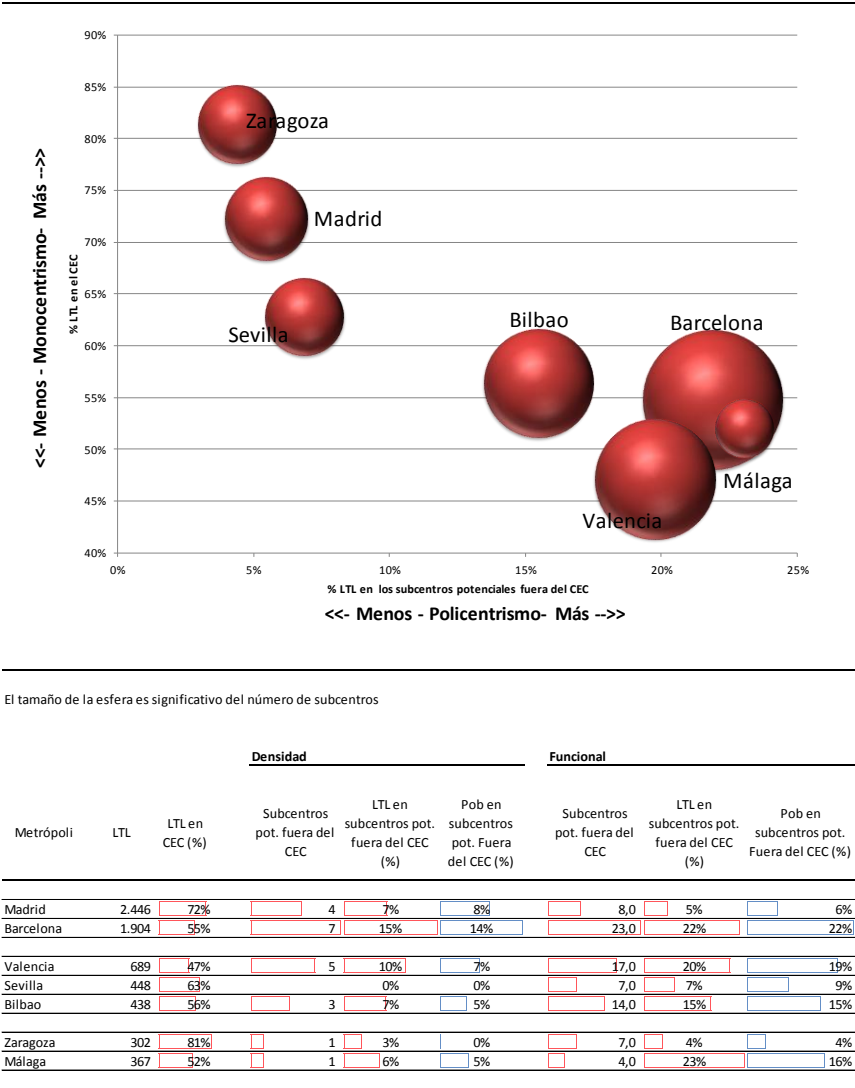
Figura 1 Límites y subcentros en las áreas metropolitanas de España



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, la polinucleación también puede analizarse desde otra lectura referida al peso del subsistema central o continuo económico central (CEC), en tanto que un sistema urbano macrocefálico tendría una parte importante del empleo en su centro, relegando al resto de los subcentros a un papel secundario. En este orden de ideas, es posible ubicar a los sistemas urbanos en función de la importancia relativa de su centro principal, a partir de la cual Zaragoza sería el sistema más macrocefálico, seguido de Madrid y Sevilla; en un segundo grupo estarían Bilbao, Barcelona, Málaga y Valencia, que sería aquel con un centro menos importante en relación al conjunto metropolitano.

Figura 2 Estructura urbana de las principales ciudades españolas



El tamaño de la esfera es significativo del número de subcentros

Si ambas formas de leer la estructura urbana se ordenan en un plano cartesiano emerge la imagen de la Figura 2, en donde con meridiana claridad se observan dos familias de sistemas metropolitanos. La primera formada por Zaragoza, Madrid y Sevilla, en las cuales el centro tiende a dominar en detrimento del número y peso específico de los subcentros; y la segunda, conformada por Barcelona, Valencia, Bilbao y Málaga, donde ocurre exactamente lo contrario:

el centro tiene una menor entidad frente a un más abundante número de núcleos y peso económico de los mismos. Pero no puede decirse que la polinucleación sea perfecta o equipotencial, puesto que el mejor de los casos, como en Valencia, el centro más pequeño computa por el 47 por ciento de la actividad económica frente al 1,16 por ciento del peso específico de cada uno de sus subcentros de media.

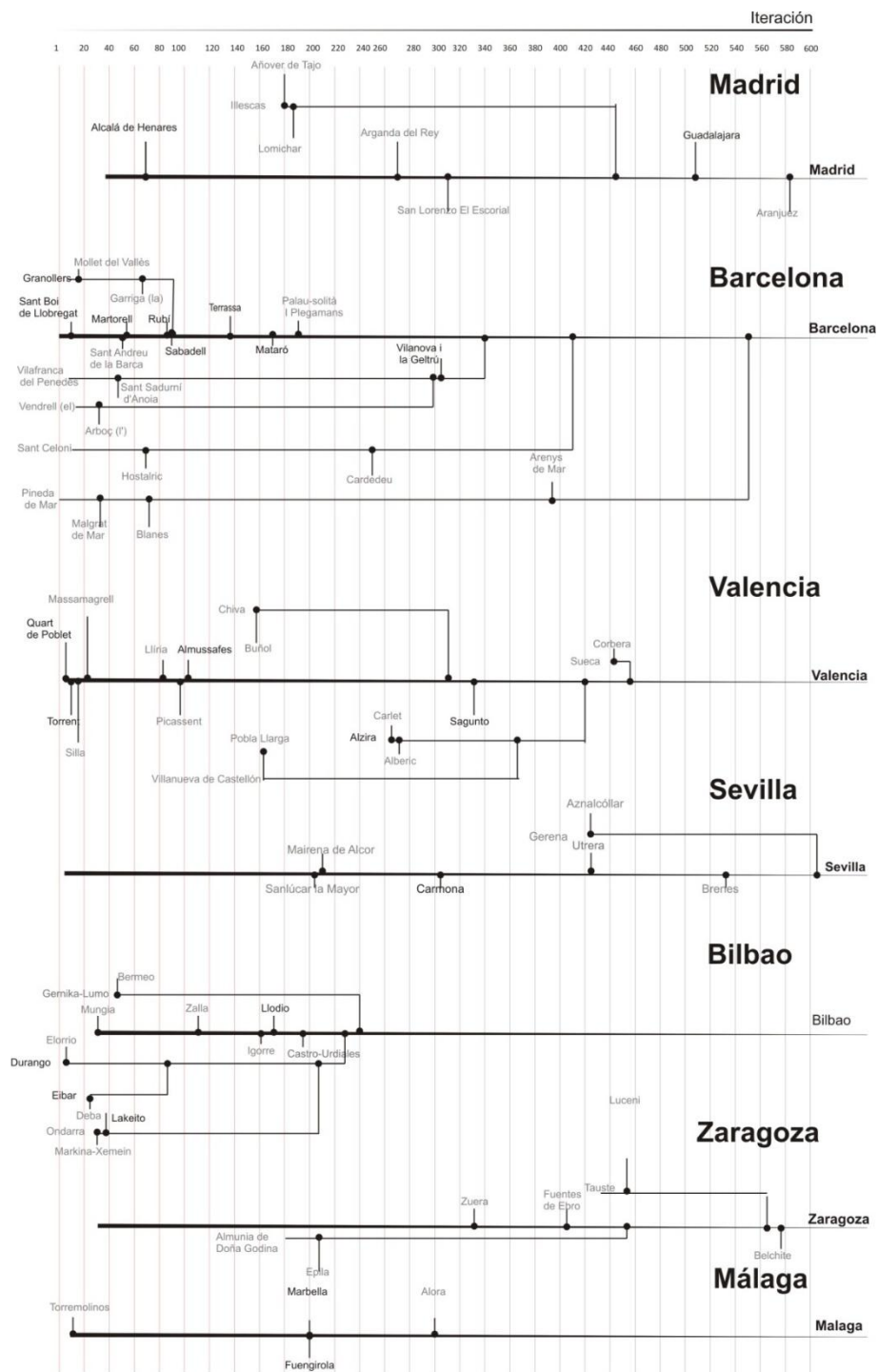
Por tanto, el paradigma equipotencial continúa siendo una utopía en el sistema urbano español, y denota en nuestras metrópolis un fuerte componente monocéntrico, o cuando más, rastros de la unión de centros originalmente independientes que gracias al incremento y expansión espacial de la movilidad se han integrado entre sí en el decurso de las últimas décadas. De esta forma, la polinucleación es un fenómeno incipiente y más anclado en la integración de centros preexistentes que en la aparición de nuevos como fruto del proceso de descentralización espontánea o planificada, como ha sido discutido por Champion (2001).

Resulta interesante observar cómo el tamaño del sistema metropolitano tiene poca o nula influencia en el número de núcleos, puesto que Madrid y Barcelona, que son muy similares en cuanto a su población y número de municipios, se encuentran en extremos opuestos, tanto como Málaga en relación con Zaragoza. En cambio, la matriz territorial sobre la que descansan los sistemas urbanos parece tener una influencia en la polinucleación, como resulta evidente en el caso de Barcelona y Bilbao, en donde los núcleos siguen los valles o se distribuyen a lo largo de las cuencas hídricas.

Finalmente, a diferencia de las aproximaciones morfológicas, las funcionales permiten establecer relaciones de jerarquía a través del análisis de la forma en cómo se articulan los territorios. Así un sistema policéntrico podría organizarse de diferentes maneras. Una forma simple consistiría en que todos los subcentros entrasen en interacción *directamente* con el centro. Una forma compleja sería aquella en la cual se crease un árbol, de tal suerte que el centro fungiese como eje principal, de una estructura ramificada en la cual algunos subcentros entrasen en interacción con otros antes de gravitar hacia el centro. En este segundo modelo cuanto más ramificada es la estructura tanto mayor es su complejidad. De igual manera cuanto más tardía es la incorporación de los subsistemas o sus ramificaciones al subsistema central, tanto más es su relativa “independencia funcional” del centro metropolitano, y por ende, más compleja es su estructura. A partir de este planteamiento, en Marmolejo, *et al.* (2013a) hemos estudiado la forma de organización jerárquica de las diferentes áreas metropolitanas en España. La Figura 3 detalla que Barcelona es la estructura más arborizada y por ende es la más compleja, con nodos que fungen de conectores entre el centro principal y los subcentros más periféricos. Ejemplos de dichos nodos conectores son Granollers, Sant Boi, Vilafranca, El Vendrell, Sant Celoni o Pineda. Valencia destaca como la segunda área por lo que a su complejidad se refiere. Nuevamente se dibuja una estructura arbórea, si bien menos ramificada en comparación con Barcelona. En Valencia todos los subsistemas entran en interacción directa con el subsistema central, a excepción de aquellos que se adscriben primero a Villanueva, Alzira, Chiva o Sueca. Bilbao, sigue en términos de complejidad, la cual resulta menor fundamentalmente por el menor número de subsistemas que no por su nivel de arborización. Así, Ondarra, Eibar, Durango y Gernika son subsistemas que ejercen de nodos intermedios en el recorrido gravitatorio hacia el subsistema central metropolitano. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con Valencia, y sobre todo Barcelona, en Bilbao todos los subsistemas entran en interacción con el centro muy rápidamente. Lo cual es significativo de la menor independencia funcional de los subsistemas, incluso aquellos ramificados.

De las cuatro metrópolis restantes menos policéntricas, el caso de Zaragoza resulta interesante, porque teniendo el nivel de policentrismo más bajo como se ha visto antes, tiene una estructura ligeramente arborizada, de tal suerte que Tauste y La Almunia de Doña Godina emergen como subsistemas intermedios en el camino de aquellos más periféricos hacia el centro metropolitano. A continuación podríamos situar, por este orden, a Madrid, Málaga y Sevilla. A pesar de que Sevilla tiene una estructura ligeramente más arbórea que Málaga, su sistema central, al ser un sistema marcadamente monocéntrico, es más grande lo que la sitúa con una complejidad inferior. En Madrid pasa algo parecido, pero este hecho se compensa por la existencia de un sistema ligeramente más arbóreo que el malagueño, al tener a Illescas como nodo intermedio.

Figura 3 Organización jerárquica urbana según las relaciones funcionales en las ciudades españolas



Estructura urbana y su relación con la distancia de la movilidad laboral

Hasta ahora, se ha demostrado que existen alternativas complementarias a los métodos morfológicos para la delimitación de los sistemas urbanos, la identificación de su estructura y organización jerárquica. Cabe ahora preguntarse hasta qué punto la estructura urbana

influencia las dinámicas de movilidad. En Marmolejo y Tornés (2015) hemos estudiado la relación entre la estructura de la ciudad y la movilidad laboral. Así, hemos documentado que en las principales ciudades del estado español a fecha del Censo del 2001 las personas ocupadas recorrían aproximadamente unos 56 millones de kilómetros para llegar de su hogar a su lugar de trabajo. Si consideramos que en dichas ciudades trabajaban unos 6,3 millones de personas, entonces los residentes ocupados de las grandes metrópolis españolas recorrían, de media, unos 8,9 km (o el doble si se considera el viaje de regreso). Esa media es variopinta, y se mueve entre 6,1 km para el caso zaragozano hasta 11 km para el madrileño. Naturalmente detrás de dicha cifra está el tamaño urbanizado de la metrópoli, por eso no es de extrañar que el recorrido medio más pequeño corresponda precisamente a la menor de las metrópolis, es decir a Zaragoza y viceversa. Si bien, tampoco puede ligarse directamente al tamaño del área efectivamente urbanizada, debido a la existencia, hacia el interior de las metrópolis, de accidentes orográficos, hidrográficos, áreas de reserva natural, zonas agrícolas o simplemente el mar que tienen un claro impacto sobre la forma (geometría, continuidad y topografía) de la ciudad. Por tanto, además del tamaño, la forma de las ciudades debe tener alguna influencia sobre las distancias recorridas por la población.

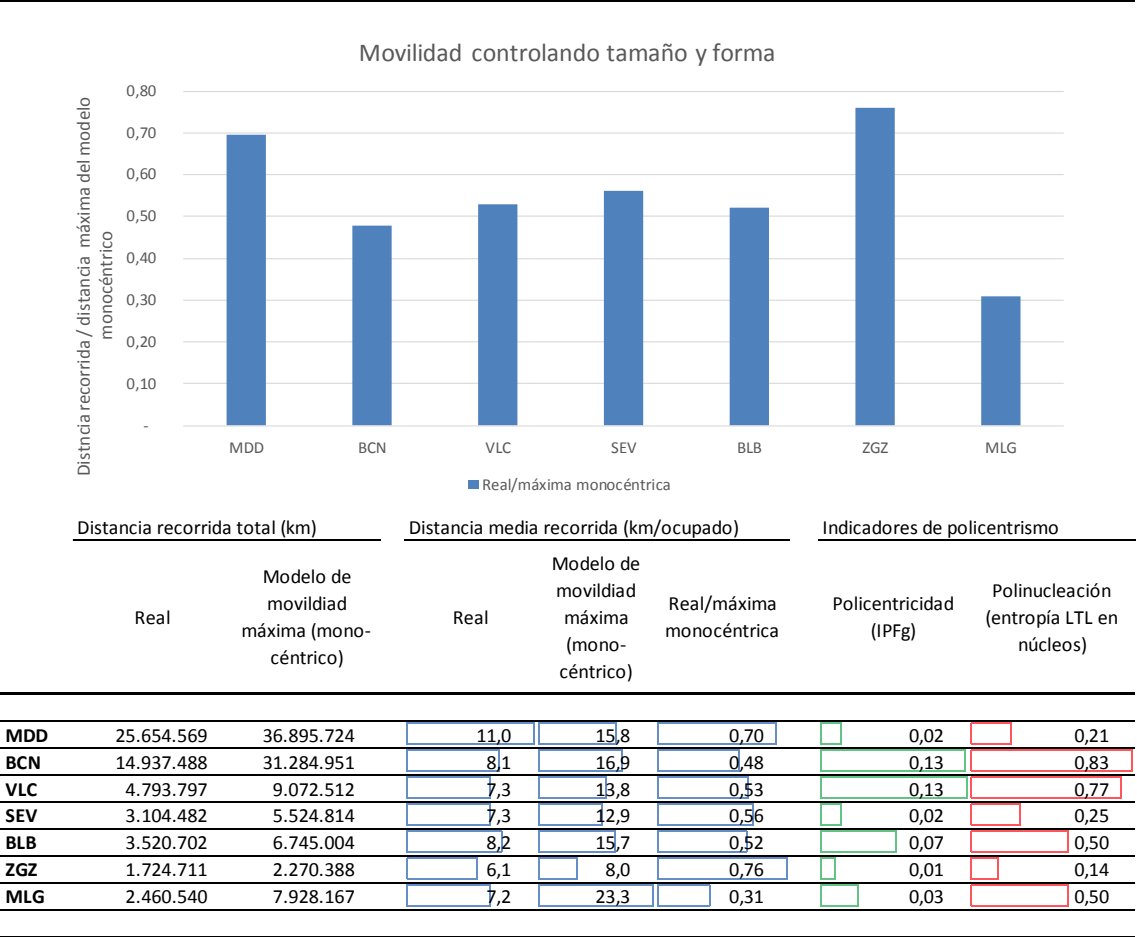
Para tomar en consideración ambas cosas a la vez, es decir el tamaño y la forma, hemos construido un modelo de referencia de movilidad máxima, que por simplicidad corresponde al monocéntrico perfecto. En dicho modelo toda la población ocupada se desplaza, desde el sitio en donde efectivamente reside, al centro metropolitano en donde se supone concentrado todo el empleo. A continuación, sobre la base de dicho modelo, se calcula el recorrido del conjunto de la población desde sus lugares de residencia hasta el centro, y se compara con el recorrido real observado, luego se extrae el ratio del segundo sobre el primero. De esta manera cuanto más cercano a la unidad es dicho ratio, mayor es la movilidad una vez controlado el tamaño y la forma, toda vez que el modelo monocéntrico en destino es uno de los que maximizan los desplazamientos³. El ratio construido puede interpretarse, por tanto, como un ratio de movilidad relativizada por el tamaño y la forma.

Los datos de la Figura 4 ilustran, con meridiana claridad que Madrid, Zaragoza y Sevilla son las áreas metropolitanas en las cuales el desplazamiento real del conjunto de la población ocupada se aproxima más al modelo de movilidad (máxima) monocéntrico y por tanto el recorrido diario relativizado es mayor. Muy por el contrario, Barcelona, Valencia, Bilbao y sobre todo Málaga, son las áreas en las cuales el desplazamiento real del conjunto de la población ocupada se aleja más del modelo de movilidad máxima (monocéntrico) y por tanto el recorrido relativizado es el menor. Así por ejemplo, la población ocupada residente (POR) en el área metropolitana de Barcelona recorre unos 14,9 millones de kilómetros, si todo el empleo estuviese concentrado en su centro, el recorrido tendría que ser de unos 31,28 millones de km, con lo cual el ratio es de 0,48 ($14,9/31,28$), es decir la movilidad real es un 48% de la máxima que supone el modelo el modelo distópicamente monocéntrico. En Madrid, la POR se desplaza unos 25,6 millones de km, pero si Madrid fuese perfectamente monocéntrica entonces dicho desplazamiento escalaría hasta los 36,8 millones de km, siendo el ratio de 0,70 ($25,6/36,8$) es decir la movilidad real madrileña es un 70% de la máxima del modelo

³ Naturalmente la situación en la cual se máxima la movilidad es aquella en la cual la cual: 1) la autocontención es cero, es decir, nadie trabaja en la zona donde vive, y además, 2) el sitio de trabajo se halla ubicado en la localización más lejana a la de la residencia. Situación, por otro lado, absurda y que no responde tampoco al modelo de ciudad dispersa en el cual existe una dispersión en la que se adivinan centralidades y ejes viarios de estructuración.

monocéntrico. Así pues, las dos grandes áreas metropolitanas en España, con una población y superficie muy similar (siendo Madrid un 25% y un 15% más grande en términos de empleo y superficie artificializada respectivamente), tienen patrones de movilidad muy diferentes, incluso después de haber ponderado la forma y la diferencia de tamaños de las mismas.

Figura 4 Movilidad observada, monocéntrica e indicadores de policentrismo



Fuente: Elaboración propia

Una vez controlado el tamaño y la forma, lo natural es preguntarse si la estructura policéntrica tiene relación con la movilidad. Para contestar esta pregunta hemos construido los gráficos de dispersión de la Figura 5, en dichos gráficos en el eje de las ordenadas se han dispuesto sendos indicadores del policentrismo, a saber:

- La polinucleación (Marmolejo, *et al.*, 2012), que mide el número de núcleos, su importancia relativa como concentraciones del empleo metropolitano y su equipotencialidad en los mismos términos⁴

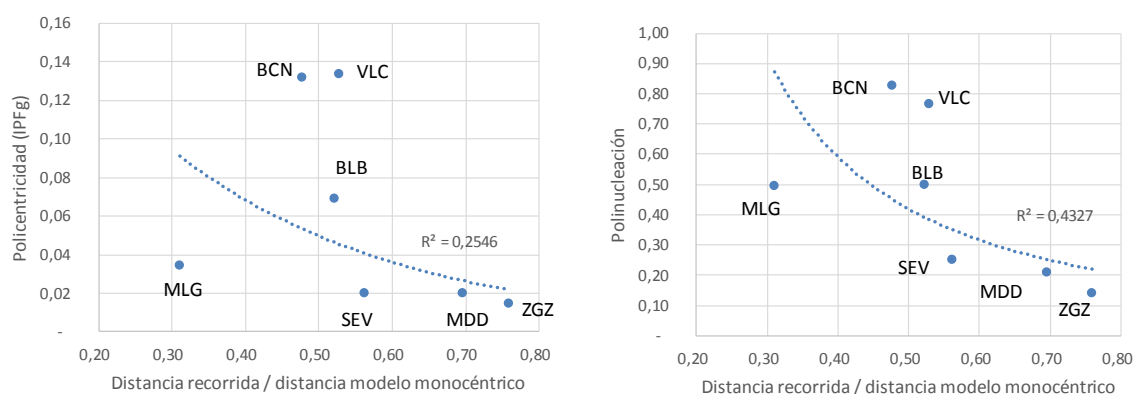
⁴ En dicho trabajo la polinucleación se calcula a través del indicador de entropía de Shannon:

$$H_m = -1 * \sum_i^n PLTL_i \bullet \ln(PLTL_i)$$

- La policentricidad (Marmolejo, *et al.*, 2015), que mide la intervencionalidad funcional de los subcentros con el resto de los subcentros y el hinterland que cohesionan⁵.

Cuanto más grande es el valor de ambos indicadores mayor es la forma y el funcionamiento policéntrico respectivamente.

Figura 5 Relación entre los indicadores de policentrismo y la movilidad relativizada



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia, en la referida figura, existe una clara relación de inversa proporcionalidad entre la movilidad relativizada y el policentrismo, de hecho la línea de mejor ajuste sugiere una relación exponencial inversa, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,25$ para la polinucleación y $R^2 = 0,43$ para la policentricidad respectivamente. Es decir, cuanto mayor son los rasgos policéntricos de las metrópolis, menor es la movilidad de las personas ocupadas una vez ponderadas las diferencias de tamaño y forma.

Relación que sería aún mayor si se eliminase el caso malagueño que tiende a comportarse como un *outlier*. Como se ha dicho en el apartado anterior, Málaga es un caso especial, que

Donde, H es el nivel de entropía en la distribución de empleo dentro de los núcleos i de un área metropolitana m determinada y P es la probabilidad de encontrar empleo (LTL) en cada uno de los i núcleos. De esta manera si el empleo estuviese perfectamente disperso no habría subcentros y por ende H sería cero; en cambio cuantos más subcentros y más equipotencialidad en la distribución del empleo entre ellos haya, mayor es H . Se trata por ende de un indicador estrictamente morfológico, que tiene en cuenta: a) el número, b) tamaño, y c) equipotencialidad de los subcentros.

⁵ En dicho trabajo recuperamos la formulación del policentrismo funcional del Green (2007) para calcular el nivel de intervencionalidad de los subcentros, que en el caso de Marmolejo *et al.* (2015) se trata de subsistemas urbanos. Desafortunadamente no hay espacio aquí para desarrollar la formulación matemática del indicador, que puede ser oportunamente consultada en el trabajo referenciado, baste decir que el indicador de policentricidad adopta valores entre 0 y 1. Si tiende a cero quiere decir que el sistema tiende al monocentrismo funcional, con un centro importante en términos de empleo, y que además, monopoliza el destino de los flujos de trabajadores de otras zonas. Si el indicador tiende a uno quiere decir que el sistema tiende hacia la policentricidad funcional, puesto que existe un reparto más “democrático” o plural de los flujos entre las zonas, es decir, no hay zonas que dominen como destinos, ni otras que queden rezagadas y por ende aisladas

morfológicamente tiende a la bipolaridad (Málaga-Marbella), y que es más policéntrica en términos formales que no funcionales (de hecho es el único caso español en dónde el centro envía más *commuters* a su periferia que no al revés). Ahora podemos añadir, a lo dicho previamente, que su movilidad es menor que la esperada dado su nivel de policentrismo.

En dichos gráficos también destaca la evidente contraposición de Madrid y Barcelona, la primera fundamentalmente monocéntrica, tanto morfológica como funcionalmente, y la segunda la más policéntrica de cuantas grandes ciudades hay. Ambas situadas en extremos contrarios en cuanto a la longitud de los desplazamientos de sus residentes.

Así pues, puede concluirse que efectivamente que *la estructura urbana incide sobre el recorrido pendular de la población ocupada*:

- cuanto mayor es el número de subcentros, más equipotenciales son y mayor el empleo concentrado en ellos (policentrismo morfológico o polinucleación) menor es la distancia recorrida por las personas trabajadoras; y
- cuanto mayor es la intervinculación de los subcentros con otros y el hinterland al que dan estructura (policentrismo funcional o policentricidad) menor es dicho recorrido.

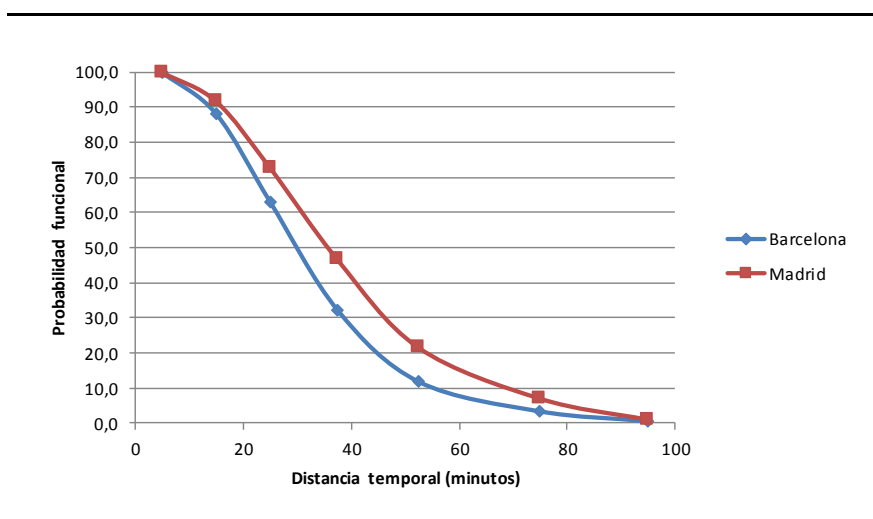
Poco se equivocan, por tanto, los *policy makers* europeos, continentales y regionales, al ver en el desarrollo urbano y territorial policéntrico una alternativa sostenible a la macrocefalia y al *urban sprawl*, al menos desde la perspectiva de la distancia implícita en la movilidad laboral cotidiana de la población y sus repercusiones sociales y ambientales. Esta apreciación, sin embargo, debe sopesarse con los estudios que se han adentrado en el cálculo de las emisiones de CO₂, que tienen en cuenta modos de transporte y velocidades, que como se sospecha, varían enormemente a lo largo de la ciudad.

Estructura urbana y su relación con el tiempo de los desplazamientos laborales

De forma complementaria a las aportaciones anteriores, en Cerda y Marmolejo (2010) hemos desarrollado el concepto de “funcionalidad urbana” En términos simples, la funcionalidad urbana es la interacción que se genera entre las partes de la ciudad, para satisfacer las necesidades de los residentes y de las actividades localizadas. La funcionalidad da cuenta del cómo funciona la ciudad en el contexto de relaciones espacialmente localizadas, tomando en cuenta, a diferencia de las aproximaciones tradicionales del concepto de accesibilidad, la forma en cómo la población está dispuesta a emplear su tiempo para viajar (elegir sus destinos y rutas). En dichas interacciones el comportamiento de las personas es crucial puesto que con sus decisiones y características acaban perfilando el funcionamiento de la ciudad. En este marco hemos construido el indicador de “probabilidad funcional”, que es la probabilidad acumulada de que el conjunto de personas que se desplazan por un motivo determinado viajen una determinada distancia temporal. En la Figura 6 se ilustra este indicador para las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona, con meridiana claridad se observa que el área bajo la curva de la línea de Barcelona es inferior en relación a Madrid, lo que sugiere que la estructura urbana más policéntrica de la primera produce viajes más cortos (en tiempo) que en

la segunda. Así, la probabilidad de que un residente en Madrid viaje por lo menos 40 minutos para ir a trabajar es del 46% mientras que en Barcelona del 32%, esta diferencia significativamente menor responde como se ha dicho a un mayor número de núcleos de empleo ubicados de forma más uniforme en el espacio, pero también al propio comportamiento espacio-temporal de la población, que decide los modos de transporte (y por ende los tiempos), las rutas que sigue, los sitios concretos de empleo, entre otras cosas.

Figura 6 Probabilidad funcional de los desplazamientos residencia trabajo en las dos principales ciudades españolas

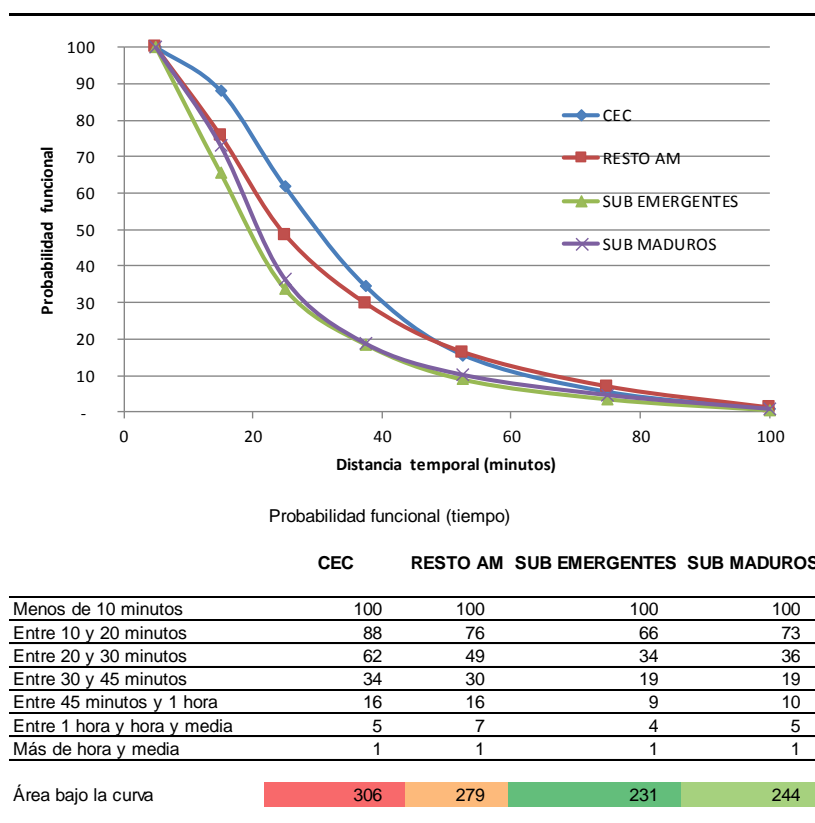


Fuente: Elaboración propia

Si se calcula la probabilidad funcional para el conjunto de las 7 principales áreas metropolitanas españolas, y se correlaciona el área bajo su curva con los indicadores de policentricidad y polinucleación obtenemos correlaciones negativas de -0,27 y -0,36 lo que significa que el policentrismo no solo reduce las distancias recorridas como concluimos en el apartado anterior, sino también el tiempo de viaje.

Para explorar con más detalle las razones por las cuales los sistemas urbanos policéntricos promueven viajes más cortos en términos temporales hemos construido el análisis de la Figura 7. En dicha figura aparece la probabilidad funcional por tipo de territorio, distinguiendo los centros metropolitanos (continuos económicos centrales), los subcentros maduros y emergentes, y el resto del área metropolitana (i.e. los municipios de la suburbanización). Como se ve, los residentes de los centros metropolitanos son quienes viajan más tiempo, incluso más que los residentes de los territorios ultraperiféricos. Dicho resultado, aunque parezca paradójico, puede encajar con el hecho de que en los centros las velocidades de servicio de las vías son menores que en las periferias (p.e. 50 km/hr en las vías urbanas, y hasta 120 km/hr en las autopistas periféricas), y sobre todo, sufren de problemas de congestión de forma acusada. Ahora bien, los tiempos de desplazamiento en los subcentros, tanto emergentes como maduros los desplazamientos son de un menor recorrido temporal. Por tanto, en los sistemas policéntricos, al haber una mayor cantidad de subcentralidades, se produce una reducción de los tiempos de desplazamiento de sus propios residentes, y seguramente de los residentes de sus entornos próximos.

Figura 7 Probabilidad funcional de los desplazamientos residencia trabajo según tipo de territorio para las siete principales áreas metropolitanas españolas

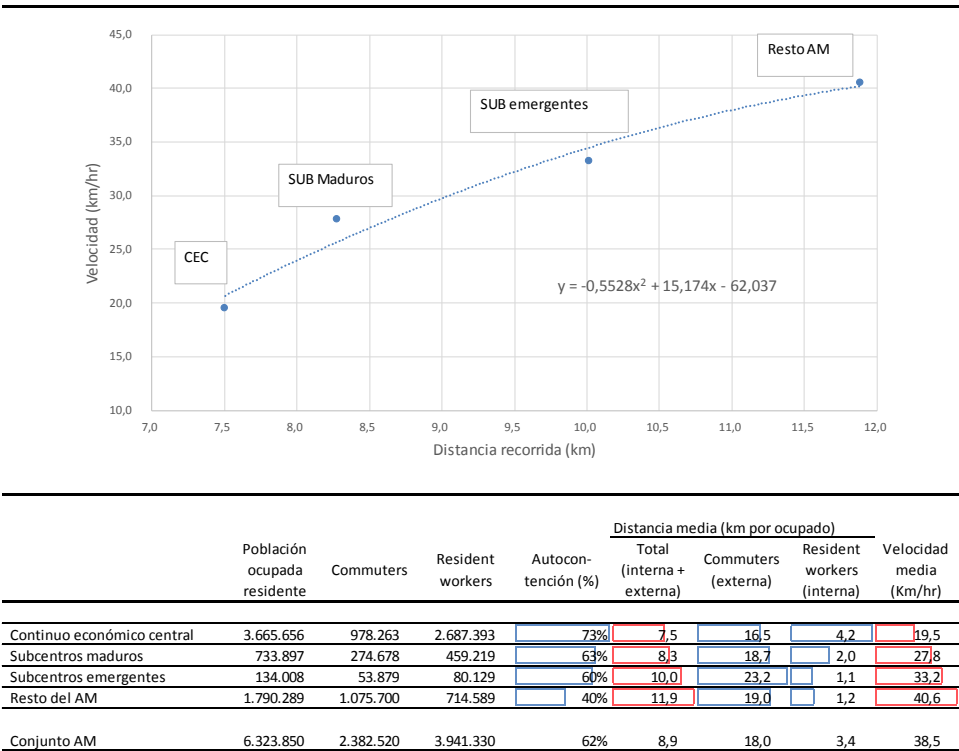


Fuente: Elaboración propia

Para entender con más precisión los tiempos de viaje, en la Figura 8 se detalla la distancia recorrida por la población ocupada residente de los diferentes territorios, así como la velocidad de viaje. La distancia se discrimina para los *resident workers* (quienes viven y trabajan en el mismo municipio) y los *commuters* (quienes viven y trabajan en municipios diferentes). Por su parte, la velocidad se calcula a partir del tiempo de acceso al lugar de trabajo declarado por las personas ocupadas, mientras que la distancia se calcula a través de la red de transporte viario. La primera columna que cabe apreciar es la referida a la autocontención, es decir, a la capacidad de un territorio de contener a sus ocupados. Como se ve, existe una reducción monotónica de este indicador: cuanto más periféricos son los municipios mayor es su incapacidad para retener a sus ocupados en términos laborales. Esto, como se intuye, exacerba la movilidad. Pero, además, y aquí lo más preocupante, cuanto más periféricos son los municipios mayor es la distancia que sus ocupados tienen que recorrer para llegar a su sitio de trabajo. Así, en el centro el recorrido medio es de 7,5 km (en un solo sentido), mientras que en el resto del am (el territorio de la suburbanización) es de 11,9 km. Si se discrimina la distancia recorrida por *resident workers* and *commuters*, se podrá observar que las grandes distancias que recorren los habitantes ocupados de la ultraperiferia se deben precisamente a estos segundos: así, por ejemplo, en el resto de municipios del AM los *commuters* viajan diariamente 19 km; mientras que los *resident workers* sólo 1,2 km. Todo junto, es decir, una menor autocontención y un alcance mayor de los viajes en estos territorios produce, sin lugar a duda, un modelo poco sostenible de ocupación del territorio. La incapacidad de retención de la población ocupada puede deberse a la escasa actividad

económica en estos sitios ultraperiféricos, pero también, al hecho que su poblamiento ha derivado de procesos de migración centro->periferia, de forma que las habilidades profesiones de los nuevos pobladores poco tienen que ver con el tipo de sectores que suelen hallarse en sus entornos inmediatos, usualmente orientados al sector primario, secundario y a los servicios personales. Ello explica que los residentes tengan que buscar trabajo en otros sitios, mientras que la mayor velocidad, que puedan hacerlo más lejos. En efecto, la última columna de la derecha de la tabla inferior ilustra con claridad que a medida que los territorios pierden centralidad incrementa la velocidad con la cual los residentes ocupados superan el espacio. Así, en los centros la velocidad calculada a través de las declaraciones de los respondientes del Censo, es de unos 19,5 km/hr, mientras que el resto del AM, la velocidad escala hasta los 40,6 km/hr, más del doble como se ve. La gráfica incluida, muestra, sin embargo, que dicho escalamiento no es lineal, sino que es de tipo marginal decreciente, razón por la cual, puede ser representado por una función cuadrática.

Figura 8 Distancia recorrida y velocidad por los residentes ocupados para llegar a su lugar de trabajo por tipo de territorio

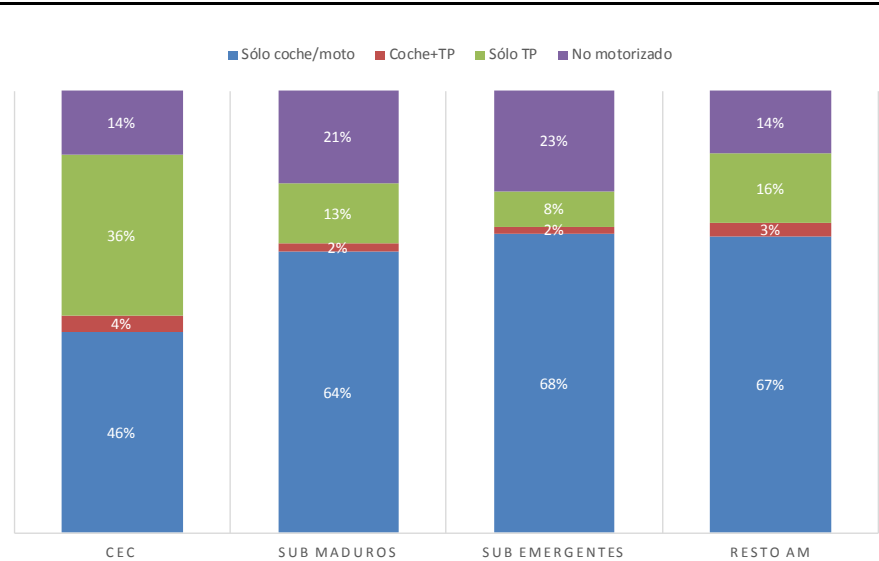


Fuente: Elaboración propia con base en el Censo 2001

Ahora bien, las menores velocidades en los centros y los subcentros también se deben no sólo a la congestión y las velocidades de servicio más reducidas de las vías, sino también a los diferentes modos de transporte que tienen velocidades de servicio y reales distintas. En la Figura 9 aparece el reparto modal de los diferentes territorios metropolitanos. En dicha tabla se observa con meridana claridad que el uso del transporte motorizado privado incrementa a medida que los territorios ganan periféricidad. Así, en los centros de las metrópolis estudiadas únicamente el 46% de sus residentes ocupados se desplaza a su trabajo en coche/moto, mientras que en resto del área metropolitana esta proporción escala hasta el 67%. Muy por el

contrario, en los centros el transporte público representa el 36% de los desplazamientos laborales mientras que en el resto del área metropolitana sólo un 16%. Con todo, en los subcentros tanto maduros como emergentes esta proporción es menor, ya que en ellos el peso del transporte no motorizado (caminar y bicicleta) es mayor. Es decir, en los grandes centros el transporte público es importante, mientras que en los subcentros lo es el transporte no motorizado, eso quiere decir que dichas centralidades tienen una escala más humana que permite que los viajes laborales se realicen de forma más independiente.

Figura 9 Reparto modal de los diferentes territorios en las siete principales áreas metropolitanas españolas



Número de viajes				
	Sólo coche/moto	Coche+TP	Sólo TP	No motorizado
CEC	1.607.085	123.521	1.283.877	510.759
SUB MADUROS	453.686	13.595	95.796	150.121
SUB EMERGENTES	88.593	2.008	10.503	29.672
RESTO AM	1.156.976	52.932	269.250	246.848

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Censo del 2001

Estructura urbana y su relación con la movilidad cotidiana

Por movilidad cotidiana se entiende al abanico de actividades que cualquier persona desarrolla a lo largo del día. Es, en esta secuencia de actividades cotidianas, en la que el individuo muestra (revela) sus utilidades y des-utilidades de manera conjunta, entre el viaje (movilidad) y el desarrollo de la actividad (función del territorio).

Los apartados anteriores, si bien dan una nueva dimensión al análisis de la estructura urbana, siguen considerando sólo la actividad de trabajo de la población (movilidad laboral). El enfoque de cadena cotidiana de actividades plantea la necesidad, ineludible, de analizar la movilidad en

función de todas las actividades que se desarrolla en el o los destinos, enfoque poco común en los tradicionales análisis de transporte.

La cadena cotidiana de actividades se transforma en el elemento relevante de análisis, e indicativo de la estructura de uso del territorio (como se verá más adelante). En Cerda (2012) hemos ahondado en estos conceptos, los que se han operacionalizado en una serie de indicadores y análisis sobre la base de la encuesta de movilidad de la Región Metropolitana de Barcelona (en adelante BCN) del año 2006. En este sentido, el desafío metodológico no es menor, ya que la mayor complejidad la tiene el procesamiento de las encuestas de viajes. La problemática fundamental, en este sentido, es el pasar de una encuesta orientada a caracterizar los viajes, a una caracterización de las actividades desarrolladas por los individuos de manera cotidiana. La metodología seguida se basa en el enfoque de cadena de viaje y de geografía del tiempo.

De manera práctica, la cadena de actividades que desarrolla un individuo corresponde a la secuencia en tiempo y espacio de las actividades cotidianas. Una primera dimensión de análisis de esta cadena es el número de actividades que la componen. Otra dimensión se refiere a la secuencia (orden) de actividades en la cadena.

La Tabla 3 muestra el histograma de frecuencias del número de actividades que componen las cadenas para la RMB, diferenciadas en día laboral y no laboral, para el año 2006.

Tabla 3.- Número de actividades en las cadenas de actividades cotidianas, RMB 2006

Año 2006		Número de cadenas			
Número de actividades	Día laboral	%	Día no laboral	%	Semana
2	1.517.350	40,7	1.644.780	55,1	10.876.312
3	213.563	5,7	215.374	7,2	1.498.566
4	1.183.736	31,7	696.921	23,4	7.312.522
5	235.250	6,3	141.959	4,8	1.460.166
6	321.535	8,6	182.195	6,1	1.972.067
7	95.265	2,6	43.090	1,4	562.504
8	77.896	2,1	30.595	1,0	450.670
9	36.028	1,0	12.077	0,4	204.296
10 y más	49.831	1,3	16.955	0,6	283.065
Total	3.730.455	100,0	2.983.946	100,0	24.620.167

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se observa que el 41% de las cadenas la constituyen dos actividades, y un 32% cuatro actividades, siendo poco significativo el resto de combinaciones. Esta situación es similar para el día no laboral (aumentando el porcentaje de 2 actividades a un 55%, y disminuyendo el de 4 a 23%). Para el total semanal los porcentajes son muy similares al día laboral. Lo anterior muestra una “contracción” de las cadenas de día no laboral en relación al laboral, en el sentido de disminuir el número de actividades desarrolladas en el día. Por otra parte se aprecia que el porcentaje de cadenas de 3 actividades no es monótonamente decreciente, en relación a las cadenas de 2 y 4 actividades. Esto es indicativo de la pendularidad en el comportamiento de las actividades.

En la Tabla 4 se caracterizan las 16 cadenas (secuencias) más relevantes en términos de peso estadístico para el año 2006.

Tabla 4.- Características las secuencias de actividades más representativas, RMB 2006

Secuencia de actividades	Día Laboral		Día no laboral	
	Nº de cadenas	%	Nº de cadenas	%
casa-trabajo-casa	718.012	19,2	161.191	5,4
casa-trabajo-casa-trabajo-casa	217.464	5,8	22.664	0,8
casa-trabajo-casa-ocio-casa	83.901	2,2	27.211	0,9
casa-trabajo-casa-social-casa	58.624	1,6	11.690	0,4
casa-trabajo-casa-compras-casa	81.482	2,2	8.985	0,3
casa-estudio-casa	125.842	3,4	19.693	0,7
casa-estudio-casa-estudio-casa	35.415	0,9	1.133	0,0
casa-estudio-casa-ocio-casa	49.990	1,3	3.746	0,1
casa-compras-casa	228.170	6,1	255.823	8,6
casa-compras-casa-social-casa	33.406	0,9	38.653	1,3
casa-compras-casa-ocio-casa	71.753	1,9	123.153	4,1
casa-personal-casa	136.225	3,7	66.643	2,2
casa-social-casa	100.178	2,7	320.715	10,7
casa-ocio-casa	184.327	4,9	721.366	24,2
casa-sd.fijo-casa	7.050	0,2	76.249	2,6
casa-sd.fijo-casa-sd.fijo-casa	966	0,0	2.125	0,1
Otras	1.597.651	42,8	1.122.906	37,6
Total	3.730.455	100,0	2.983.946	100,0

Fuente: Elaboración propia

Las 16 secuencias mostradas en la tabla representan del orden de 60% del total de cadenas diarias en el año 2006. Lo anterior es indicativo de la significancia estadísticas de las secuencias fuera de este grupo, que corresponden a secuencias de múltiples actividades (en adelante múltiples).

Lo primero que revela la tabla anterior para el día laboral, es la pendularidad hacia el hogar (retorno a casa) siendo las secuencias de mayor peso estadístico las de casa-trabajo-casa (19,2%), seguida por casa-compras-casa (6,1%), casa-estudio-casa (5,8%), y casa-ocio-casa (4,9%). Lo anterior también demuestra que las secuencias uni-funcionales (una sola actividad fuera de casa) tienen un peso estadístico significativo (en total suman 36%) en relación a las multifuncionales (múltiples).

El día no laboral mantiene la predominancia de las secuencias uni-funcionales, pero cambia significativamente el orden, siendo la secuencia de mayor participación casa-ocio-casa con un 24,2%, seguida por casa-social-casa y casa-compras-casa, ambas con alrededor de un 10%. Muy por bajo aparece la secuencia casa-trabajo-casa. Lo anterior ratifica que las cadenas de características no ocupacionales son las que predominan en día no laboral, actividades de gran variedad y diversidad locativa.

En la Tabla 5 se presentan las características espacio temporales de las secuencias anteriores, en términos de distancia recorrida (por red se denomina recorrido, y en línea recta entre origen y destino se denomina alejamiento), de tiempos involucrados (de viaje y de duración de las actividades en sus destinos), y de la partición modal de los viajes involucrados en las secuencias.

Tabla 5.- Características espacio temporales de las secuencias de actividades, RMB 2006

Secuencia de actividades	Tipo de día	Distancias diaria (km)		Tiempo diario (hr)		Partición del tiempo de viaje por modo de transporte en la cadena (%)							
		Recorrido	Alejamiento	Viaje	Duración	Caminata	Bicicleta	Bus	Metro/Tram	Tren	Taxi	Coche	Otro
casa-trabajo-casa	Laboral	9,1	6,8	1,0	8,9	5	0	11	15	20	1	46	3
	No laboral	8,5	6,2	0,8	8,6	6	0	10	21	10	1	50	2
casa-trabajo-casa-trabajo-casa	Laboral	4,7	3,1	0,5	4,5	19	1	10	15	5	0	49	1
	No laboral	5,2	3,4	0,6	4,5	11	1	11	20	23	0	30	6
casa-trabajo-casa-ocio-casa	Laboral	10,6	6,2	1,2	9,8	31	2	8	11	11	0	36	1
	No laboral	8,9	4,6	1,2	9,5	27	0	6	14	5	3	45	0
casa-trabajo-casa-social-casa	Laboral	10,7	6,1	1,0	9,1	15	1	7	12	10	0	54	1
	No laboral	9,6	5,6	0,9	9,8	7	0	0	11	0	0	81	0
casa-trabajo-casa-compras-casa	Laboral	10,3	6,3	1,0	8,7	24	1	10	12	12	0	40	1
	No laboral	11,4	6,6	0,9	8,3	27	0	3	0	14	0	56	0
casa-estudio-casa	Laboral	8,3	6,2	1,1	5,8	9	0	15	20	44	0	12	0
	No laboral	8,5	6,3	1,1	4,1	13	0	7	6	33	0	41	0
casa-estudio-casa-estudio-casa	Laboral	4,4	2,8	0,6	3,6	30	1	17	20	16	0	16	0
	No laboral	1,9	0,9	1,7	2,1	77	0	0	0	0	0	23	0
casa-estudio-casa-ocio-casa	Laboral	9,0	5,0	1,2	8,2	27	1	13	14	24	0	21	0
	No laboral	16,1	5,0	1,4	6,4	29	0	0	0	0	0	71	0
casa-compras-casa	Laboral	3,1	1,6	0,5	1,2	65	0	11	5	3	0	15	0
	No laboral	3,6	2,1	0,5	1,5	50	0	8	6	3	0	33	0
casa-compras-casa-social-casa	Laboral	5,4	2,5	0,8	2,9	58	0	13	9	4	0	15	0
	No laboral	7,8	4,1	0,8	4,2	38	0	12	4	7	0	39	0
casa-compras-casa-ocio-casa	Laboral	4,8	2,0	1,1	2,3	83	0	6	3	2	0	6	0
	No laboral	7,5	3,9	1,1	3,7	60	1	5	6	2	0	25	0
casa-personal-casa	Laboral	5,6	3,8	0,9	2,3	21	0	26	14	14	3	22	1
	No laboral	4,5	2,8	0,8	3,1	22	0	11	4	9	1	53	0
casa-social-casa	Laboral	6,3	4,5	0,9	3,6	17	0	22	12	17	0	33	0
	No laboral	7,5	5,2	0,9	4,7	11	0	6	6	10	1	66	0
casa-ocio-casa	Laboral	3,5	2,0	1,2	1,8	70	0	10	5	2	0	12	0
	No laboral	5,3	3,5	1,2	3,3	37	3	9	6	6	0	38	1
casa-sd.fijo-casa	Laboral	5,8	3,7	0,9	2,9	21	1	16	6	2	5	48	1
	No laboral	3,7	2,1	0,6	2,1	27	0	10	2	7	0	53	0
casa-sd.fijo-casa-sd.fijo-casa	Laboral	3,1	1,4	0,7	3,0	25	0	0	0	0	0	75	0
	No laboral	4,2	2,7	0,5	1,9	57	0	0	0	0	0	43	0

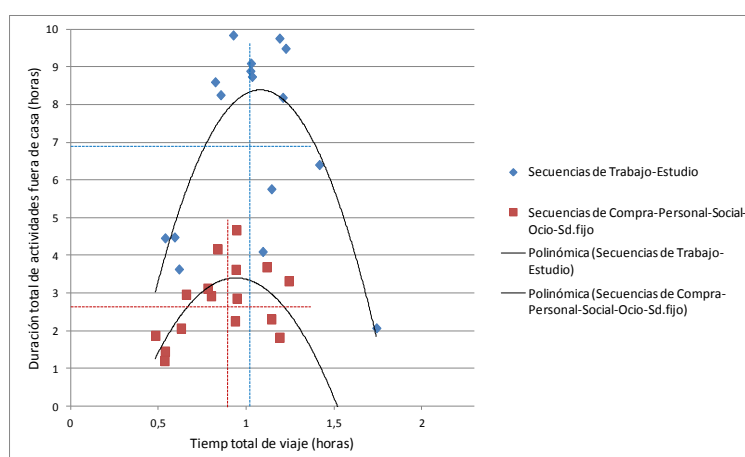
Fuente: Elaboración propia

De la caracterización presentada se puede deducir lo siguiente:

- Analizando la distancia total recorrida, se observa que en los grupos de cadenas asociadas al trabajo y estudio, la cadena múltiple (por ejemplo casa-trabajo-casa-trabajo-casa) recorre distancias menores que las de una sola actividad, lo que es relativamente lógico en función del agotamiento que esto implica. Pero lo anterior no ocurre con el alejamiento, el que muestra valores relativamente constante, por lo que el área de desarrollo de estas actividades no cambia entre las secuencias múltiples y las uni-funcionales. Lo interesante en este caso es que la secuencia uni-funcional (sólo trabajo o estudio) es la única de menor distancia, es decir, las secuencias multifuncionales (trabajo o estudio, y otras actividades) aceptan distancias mayores, presumiblemente por la riqueza de la diversidad de las otras actividades. Lo anterior no ocurre en las secuencias de compras, en las que las secuencias uni-funcionales presentan mayor distancia recorrida y alejamiento, en relación a las secuencias de múltiples actividades.
- Comparando entre grupos de actividades, las mayores distancias las presentan las cadenas asociadas a trabajo o estudio, siendo relativamente mayor la de trabajo. Las secuencias múltiples de menores distancias son las de compras y ocio.
- Al analizar el tiempo de viaje, y la partición modal se aprecian variadas situaciones. En la relación cadenas múltiples y uni-funcionales, se aprecia que los tiempos de viaje no aumentan significativamente en las uni-funcionales, y tampoco se distinguen grandes diferencias entre día laboral y no laboral.
- Para las secuencias asociadas a trabajo, existe un predominio significativo del modo coche. Sin embargo, la participación del modo caminata aumenta significativamente en las secuencias múltiples, mientras que disminuye la participación del los modos de transporte público (y sobre todo, en este caso, bus y metro).

- Las secuencias asociadas a la actividad de estudio, presentan el mismo comportamiento antes descrito de aumento de participación de la caminata en las secuencias múltiples, pero, en este caso, los modos predominantes son los de transporte público.
- Las secuencias de compras y de ocio presentan predominancia del modo caminata, seguido del modo transporte público. En el día no laboral, gana participación de forma significativa el modo coche.
- En el caso de las actividades personales, sociales y sin destino fijo, predomina el modo coche (aumentando el porcentaje el día no laboral), y en menor grado el modo caminata.
- Finalmente, los tiempos totales de viaje de las secuencias de trabajo y educación no son significativamente más altos que los de los otros grupos de actividades.
- Al analizar la duración total de actividades fuera de casa, se observa que las secuencias asociadas a trabajo y estudio presentan mayores duraciones que las asociadas a las otras actividades (por la relativa imposición, y no elección, de los tiempos que duran estas actividades). Por otra parte, el comportamiento del día laboral y no laboral no presenta diferencias significativas, lo que indica que el desarrollo de la actividad no varía entre los tipos de días.
- Al estudiar la relación entre el tiempo total de viaje y la duración total de las actividades (fuera de casa), no se aprecia una relación lineal directa, sino más bien un comportamiento de saturación o restricción impuesta por el tiempo total disponible (como era de esperar). La Figura 10 muestra el comportamiento de los valores presentados en la tabla anterior, sin diferenciar día laboral del no laboral (ya que la restricción es indiferente del día).

Figura 10.- Relación entre el tiempo total de viaje y la duración total de actividades fuera de casa, para las secuencias de actividades, RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa la mayor duración de las secuencias de trabajo y estudio (en la gráfica se incluyen con línea punteada las medias de los tiempos de viaje y duración para cada tipo de secuencias). Las curvas de tendencia agregadas muestran este comportamiento de saturación antes mencionado, en el sentido que a medida que aumento el tiempo de viajes, la duración

aumentan para luego disminuir, dada la restricción del tiempo total disponible en el día para el desarrollo de la cadena de actividades.

A modo de síntesis se puede decir que las cadenas de actividades asociadas a trabajo y estudio tiene un comportamiento característico en términos espaciales y temporales, presentando mayores distancias, tiempos de viaje, y duraciones, las que en general no presentan una contracción en el día no laboral. A medida que las secuencias se hacen múltiples, aumentan la partición modal de la caminata en sus desarrollos, siempre manteniendo el predominio del modo coche en el caso del trabajo, y transporte público en estudio. Por otra parte, las secuencias de compras, actividades personales, sociales, de ocio, y sin destino fijo, se caracterizan por distancias, tiempos de viaje y duraciones menores, con una expansión de distancias y duración en el día no laboral. Sí se observa que se mantiene constante el tiempo de viaje diario, por un aumento de participación del modo coche el día no laboral, a pesar del relativo equilibrio entre todos los modos (coche, caminata, y transporte público).

Finalmente es destacable el hecho que en las secuencias de actividades en las que se puede “elegir” tanto la localización como la duración, el tiempo de viaje se mantiene relativamente constante (entre día laboral y no laboral), apoyado en una re-estructuración de los modos de viaje elegido, con la correspondiente re-configuración espacial de los sitios visitados (se visitan otros territorios, dado el cambio del modo de transporte).

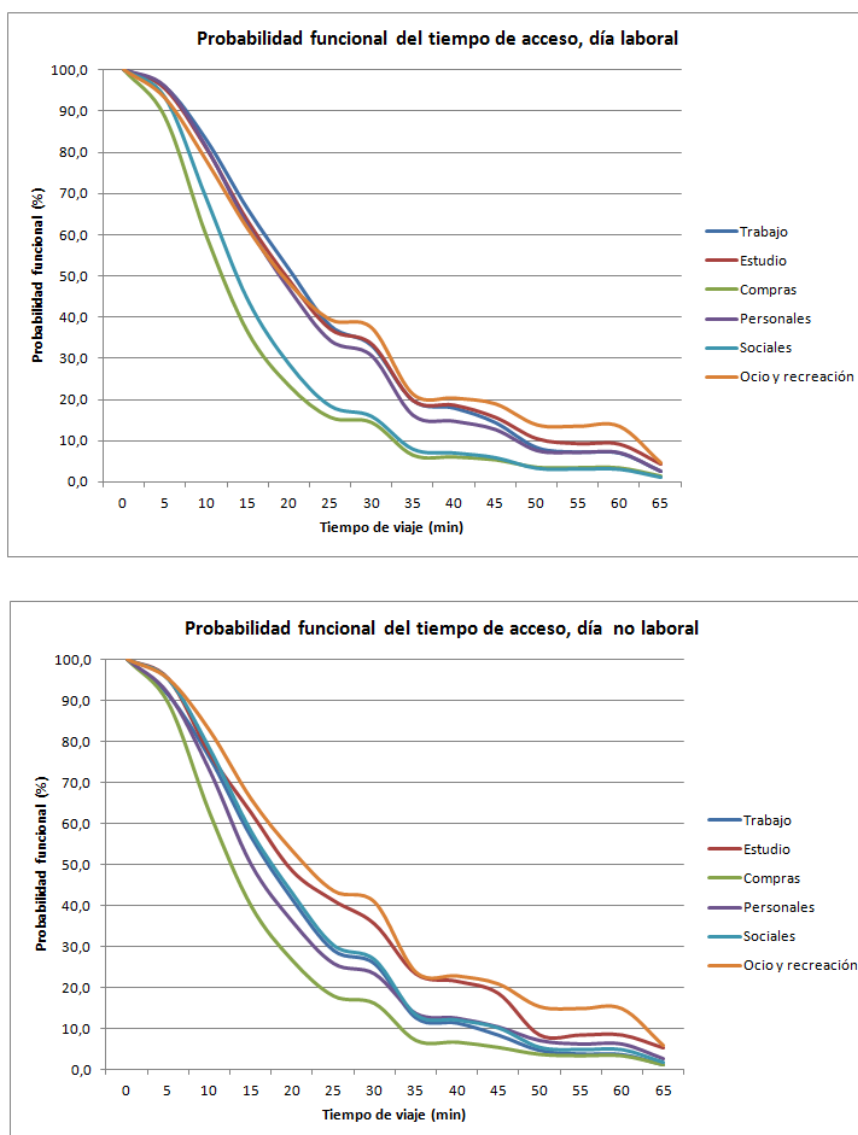
Por otra parte, en las actividades donde no es posible la elección, no se da la contracción generalizada de distancias tiempos y duraciones en el día no laboral.

Todo lo anterior, converge a plantear que el uso del territorio cambia significativamente entre el día laboral y no laboral, y también en las actividades que en ellos se desarrollan. Lo anterior está en franca contradicción con los enfoques estáticos de usos predominantes del territorio, principalmente asociado a las teorías de oferta o stock inmobiliario. La temporalidad del uso del territorio es un enfoque altamente dinámico, que reconoce, por ejemplo que una misma zona se comporte como centralidad comercial, para luego pasar a ser centralidad en ocio-recreación, y finalmente dormitorio (residencial). Esta versatilidad de análisis de las estructuras urbanas, proviene eminentemente del comportamiento (probabilístico) de las personas en el desarrollo de su cadena cotidiana de actividades.

Cuando analizamos el comportamiento probabilístico del tiempo de viaje, asociado al desarrollo de distintas actividades, caemos nuevamente en el concepto de probabilidad funcional.

A continuación se presentan las curvas de la probabilidad funcional del tiempo de acceso a las actividades analizadas.

Figura 11.- Probabilidad funcional parcial del tiempo de acceso a las actividades, RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

De las gráficas se puede apreciar que, para el año 2006 en un día laboral, un viaje de 25 minutos, tiene una probabilidad de realizarse de un 37,8% si es para acceder al trabajo, de 37,1% si es de acceso a estudios, de 15,6% si es para acceder a compras, de 34,2% si es para actividades personales, de 18,3% si es para acceder a actividades sociales, y una probabilidad de 39,4% si es para acceder a actividades de ocio-recreación. Es decir, existen mayores probabilidades de viajar 25 minutos para acceder a estudio o trabajo o actividades de ocio-recreación, y muy baja probabilidad para acceder a compras.

Para el día laboral se observan asociaciones en el comportamiento de las distintas actividades. Es así que las curvas de las actividades de trabajo, estudios, de ocio-recreación, y personales (trámites y motivos sanitarios) mantienen las mayores probabilidades funcionales para todos los tiempos de viaje. El otro grupo lo conforman las actividades de compras y sociales. Que compras sea la de menor probabilidad funcional quiere decir que los tiempos de acceso a

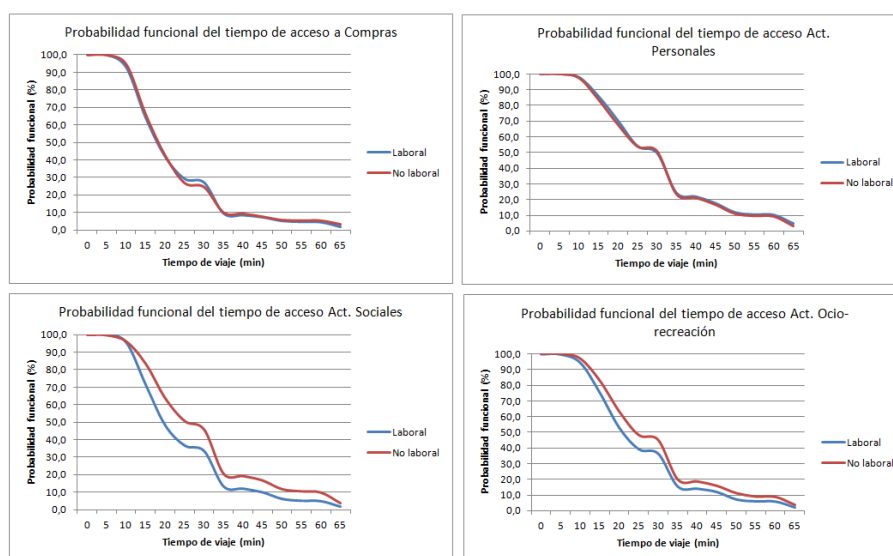
compras son los menores de todas las actividades, situación ya detectada en los análisis anteriores.

A partir de los 35 minutos de viaje, todas las actividades presentan bajos valores de probabilidad funcional (menores de 20%), hasta que pasado los 60 minutos de viaje, todas las actividades muestran probabilidades menores del 10%.

En el día no laboral se aprecia otra estructura, ya que se comporta de manera similar la actividad de trabajo. El comportamiento de la actividad de estudios sigue siendo relativamente particular, pues mantiene su probabilidad funcional entre día laboral y no laboral, situación relativamente no esperada.

Las actividades personales y compras, en día no laboral, disminuyen levemente su probabilidad, y por ende disminuyen los tiempos (ver Figura 12). Por otra parte, las actividades sociales aumentan su probabilidad. Con las más altas probabilidades se mantienen las actividades de estudio y ocio-recreación. Compras se mantiene con las menores probabilidades.

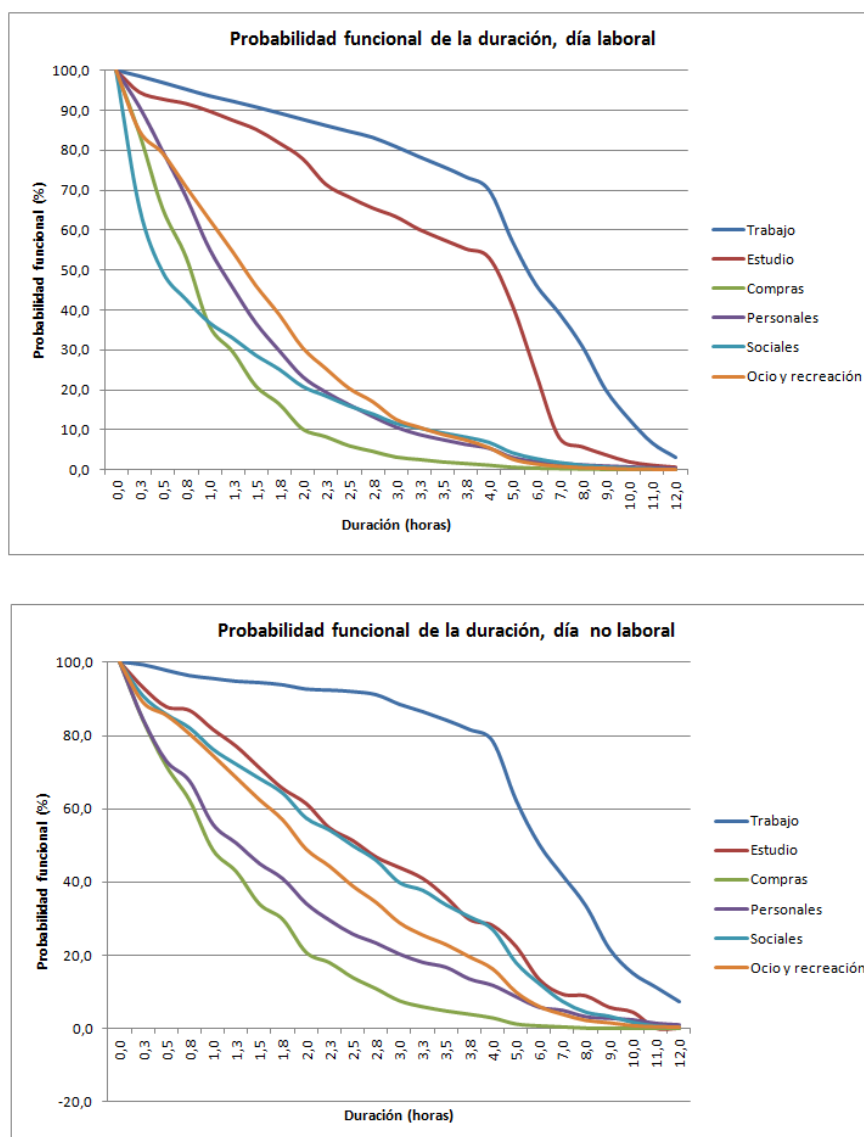
Figura 12.- Comparación de probabilidades funcionales de acceso de actividades no ocupacionales (no obligadas), RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 13 se presentan los resultados de la probabilidad funcional de la duración de las actividades.

Figura 13.- Probabilidad funcional parcial de la duración de estadía de las actividades, RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la probabilidad funcional de la duración, el ejemplo sería para un día no laboral, en la RMB, una duración de actividad de 2 horas tiene una probabilidad de realizarse de un 87,7% si es de trabajo, una probabilidad de 77,8% si es de estudio, una probabilidad de 10,2% si es de compras, una probabilidad de 23,2% si es de actividades personales, una probabilidad de 20,9% si es de actividades sociales, y una probabilidad de 30,6% si es de ocio y recreación. Es decir, existen mayores probabilidades de duración de 2 horas en actividades de trabajo o estudio, que en las otras actividades. En este caso es necesario recordar que la probabilidad funcional refleja el comportamiento (probabilístico) de una persona tipo, residente en la RMB el año 2006, que se enfrenta a desarrollar una actividad por 2 horas, que resulta de la lógica propia de la actividad.

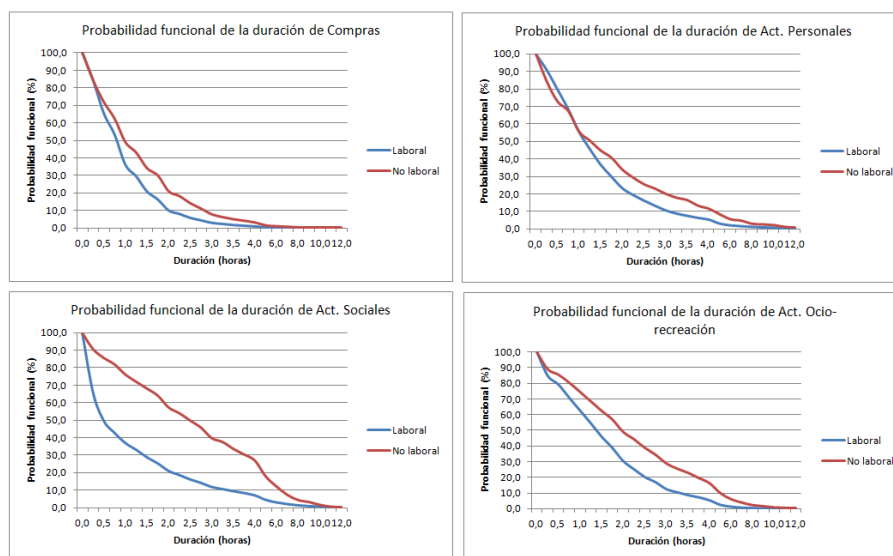
En la gráfica del día laboral, se aprecia un comportamiento más monótono que las probabilidades de acceso. A pesar de esto, las actividades de trabajo y estudio presentan un punto de inflexión cercano a las 4 horas de duración (media jornada).

Para el día laboral se observan distintos grupos de actividades asociadas. Por una parte están el trabajo y estudio, con altas probabilidades, dadas sus altas duraciones, las que están determinadas por las lógicas propias de cada actividad. Y por otra parte están el resto de actividades, de duración de menor probabilidad funcional (es decir duraciones menores). En este segundo grupo se observa que hasta 1,0 horas de duración, las actividades sociales presentan la menor probabilidad, y que a partir de dicho punto son las compras las de menores probabilidades. Esto reafirma lo planteado, respecto del hecho que en día laboral, las actividades sociales están preferentemente enfocadas a acompañar personas (niños al colegio o hasta que lleguen los abuelos, y abuelos en sus residencias) más que la visita de amigos. Todas las actividades en este grupo muestran una significativa contracción de sus duraciones, dadas las significativas duraciones de trabajo y estudio (situación que ya se verificara en los análisis anteriores).

En la grafica del día no laboral se observa que el comportamiento de la actividad de trabajo disminuye muy poco las probabilidades funcionales, manteniendo los valores mayores del día laboral. Esto se podría explicar si es que la probabilidad del día laboral estuviese altamente condicionada por actividades terciarias, que repetirían su formato el día no laboral, con una jornada más extendida, como lo que ocurre en las grandes superficies comerciales. Dada la imposibilidad de clasificar el trabajo según actividad, esta hipótesis no se puede verificar.

Por otra parte, en el día no laboral disminuye la probabilidad de estudio, mientras que aumentan las probabilidades, principalmente de actividades sociales y de ocio-recreación, y en menor grado las compras y actividades personales (ver Figura 14).

Figura 14.- Comparación de probabilidades funcionales de la duración de actividades no ocupacionales (no obligadas), RMB 2006



Fuente: Elaboración propia

Haciendo una interpretación más general, sobre todo de lo que ocurre en día laboral, el comportamiento de las curvas representa el *trade-off* en el consumo del tiempo, en el sentido que mientras más aumenten las probabilidades de la duración de las actividades de trabajo y estudio, más disminuirán las probabilidades del resto de las actividades, por lo que se apreciará una tendencia hacia una función cuadrática. Esta misma situación pero en día laboral, tiende a desaparecer, ya que las curvas tienden al centro, disminuyendo las duraciones de trabajo y estudio, y aumentando las duraciones de las restantes actividades.

Las actividades condicionadas de trabajo y estudio presentan una gran expansión temporal (en tiempo de viaje y duración) el día laboral, la que se contrae relativamente poco el día no laboral. Esta contracción no es de gran magnitud, dado que el trabajo y el estudio no cambian su localización ni su forma de realización. Luego se identifica otro grupo de actividades que presentan un menor condicionamiento, y una mayor posibilidad de elección. Estas actividades son las y actividades de compras y personales. Las actividades personales muestran una gran contracción temporal el día no labora, en relación al día laboral. Las compras presentan un claro comportamiento *trade-off*, entre el tiempo de acceso y la duración, entre el día laboral y no laboral.

Finalmente se aprecia que las actividades sociales y de ocio-recreación si presentan un mayor bienestar en su desarrollo, por lo que se expanden significativamente sus comportamientos temporales, principalmente las duraciones, y en segundo lugar el tiempo de acceso. Las actividades sociales del día laboral son diferentes de las del día no laboral, lo que se refleja en los comportamientos parciales y conjuntos.

Dicho todo lo anterior, cabe preguntarse respecto de cómo las características espacio-temporal del desarrollo de las actividades en el territorio, por parte de la población, determinan una nueva dimensión para analizar la estructura urbana

Estructura urbana y su relación con la movilidad cotidiana y el uso del tiempo en el territorio

Diversos autores han constatado la pérdida de peso relativo de la movilidad por motivos de trabajo frente a la emergencia de otros motivos de movilidad cotidiana. Así, actividades relacionadas con el consumo en general, y más particularmente de bienes y servicios vinculados tanto al abasto como al ocio acaparan, de forma progresiva, protagonismo dentro de los motivos que inducen desplazamientos de personas a lo largo de la ciudad. Dicho proceso es por demás interesante puesto que contradice los pronósticos que vaticinaban la supresión de flujos de personas por la emergencia de los servicios digitales, las redes sociales y el comercio electrónico. Muy por el contrario, dichas tecnologías digitales han servido para facilitar los desplazamientos, tanto por los servicios de geoposicionamiento que informan de las rutas óptimas, congestión viaria, posibilidades de aparcamiento como por la mejor gestión de los sistemas de transporte fruto del análisis de la ingente cantidad de información recabada

por sensores y dispositivos. Así las cosas, el análisis de la estructura urbana quedaría incompleto si únicamente se atienden los criterios clásicos de movilidad laboral. Especialmente cuando la flexibilización del trabajo, manifiesta por el predominio de los contratos temporales, a media jornada, su ubicuidad favorecida por la ofimática y telemática, así como por las prácticas neoliberales encaminadas a reducir la acumulación de derechos indemnizatorios por parte de los empleados han producido que el papel estructurador del trabajo y el sitio de trabajo pierda fuelle con el paso del tiempo. Por todas las razones anteriores hemos intentado dar un paso adelante en la caracterización de las estructuras urbanas para considerar el comportamiento espacio temporal de la población referido a todas las actividades y no sólo aquellas de índole productiva. En Marmolejo y Cerda (2012) desarrollamos la densidad tiempo para referirnos al número de horas que el conjunto de personas invierten en un lugar realizando diversas actividades partido por la superficie efectivamente urbanizada. Dicho constructo, como se ve, responde a dos marcos teóricos diferenciados. Por un lado, la geografía del tiempo introducida por Torstern Hägerstrand (1970) quien por vez primera introdujo el vector espacial en el análisis de los presupuestos temporales de la población. De esta forma, a través de dicho marco se puede analizar con cierto nivel de profundidad, las relaciones que se generan entre los individuos, y entre ellos con los espacios: la geografía del tiempo está relacionada con las vivencias “coreográficas” de los individuos, ya sea que la escala de observación sea diaria, anual o incluso vital (biográfica). El tiempo y el espacio son vistos como algo inseparable. Cada una de las acciones y eventos que secuencialmente componen la existencia individual tienen atributos tanto temporales y espaciales, uno indisociable del otro. El segundo marco teórico es el de la economía urbana, que como se ha explicitado de forma anterior, entiende que la densidad es una consecuencia del impacto que sobre la renta del suelo genera la centralidad, y por ende, el análisis de la distribución espacial de la misma permite identificar los núcleos que dan estructura a la ciudad.

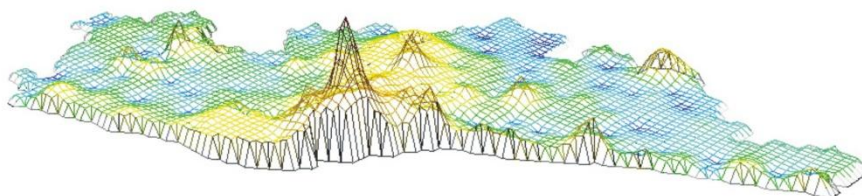
Así, el comportamiento espacio-temporal de la población, permite conocer la estructura de los entornos urbanizados puesto que son las personas quienes dan contenido, diferencian y ponen en relación a los lugares. Dicho comportamiento no es baladí, puesto que refleja las decisiones espaciales que éstos toman, ante dos restricciones a las que se enfrentan constantemente: a) la incapacidad de estar en dos sitios diferentes a la vez, y b) la limitación de su “presupuesto” temporal diario. Además de estas dos premisas de partida, existen otras restricciones que Hägerstrand identifica como: a) de capacidad (tiempo mínimo que se debe destinar a actividades biológicas como dormir, descansar o comer, y la limitación del alcance espacial de las acciones cotidianas fuertemente condicionada por la tecnología del transporte); b) de acoplamiento (*i.e.* de encontrarse con otros individuos para realizar tareas laborales o sociales); y c) legales (que limitan el uso del espacio o de quién puede acceder al mismo).

A partir de datos de la Encuesta de Movilidad Cotidiana del año 2001, en Marmolejo y Cerda (*Op. cit.*) hemos construido el manto de densidad tiempo para los municipios del área metropolitana de Barcelona que se reproduce en la Figura 15. En dicha figura destaca con meridiana claridad Barcelona con su continuo urbanizado (si bien se denotan subcentros hacia el propio interior de dicho continuo central), así como los municipios del “Arco Metropolitano” que cualitativamente han sido considerados como subcentros (p.e. Mataró, Sabadell, Terrassa, Granollers, Vilanova, etc.). Asimismo la densidad de las actividades cotidianas permite detectar áreas que, a pesar de estar escasamente urbanizadas o no urbanizadas en absoluto, son destino importante de las actividades relacionadas fundamentalmente con la recreación y el ocio (seguramente afiliadas al senderismo y excursionismo ampliamente arraigado en

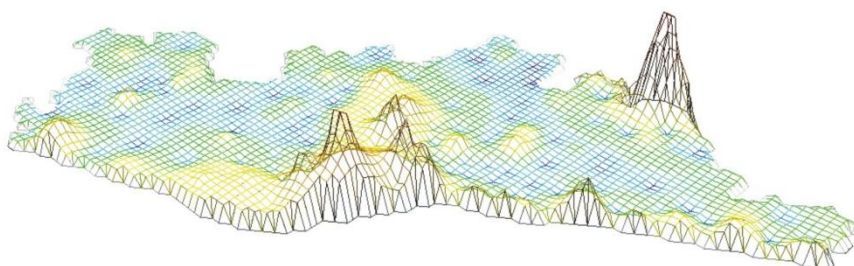
Catalunya), tales como el Montseny, en menor medida El Collserola y tímidamente El Garraf (debido a la fuerte presencia de urbanizaciones residenciales), todas ellas caracterizadas por la presencia de zonas naturales preservadas de la urbanización.

Figura 3 Distribución bidimensional de las densidades-tiempo en la RMB

Densidad-tiempo de todas las actividades



Densidad-tiempo de las actividades no obligadas por el trabajo, los estudios o la salud

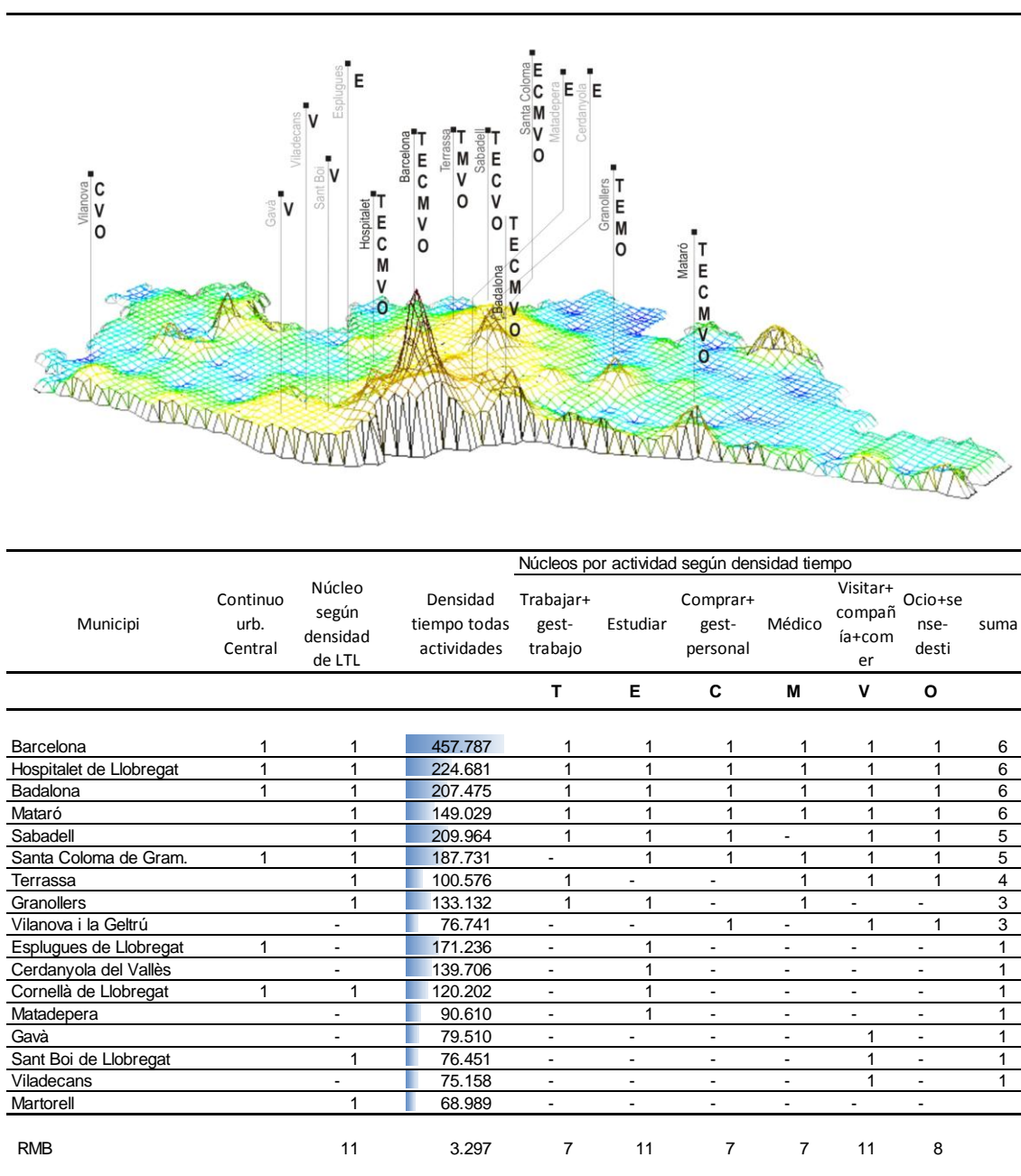


Sin embargo, para identificar “más formalmente” dichas concentraciones hace falta aplicar alguna de las metodologías desarrolladas en la literatura especializada. Así, en este apartado, se identifican posibles subcentros a partir de la línea iniciada por Guiliano & Small (1991) en la forma en cómo ha sido adaptada para la RMB por García-López (2007) y Muñiz *et al.* (2008). Según este criterio, un posible subcentro es aquel que tiene, al menos, un 1% de la actividad del sistema, y su densidad es superior a la media del sistema. La Figura 16 contiene los municipios que cumplen ambos criterios en el análisis de la densidad laboral (o de lugares de trabajo localizados –LTL-) y la densidad-tiempo para las actividades analizadas en esta investigación:

- Como se ve, el método aplicado a la densidad de empleo (densidad de LTL) sugiere la existencia de 11 núcleos de actividad, de los cuales 5 se encuentran en el continuo de Barcelona, siendo ésta uno de ellos, lo cual denota la existencia de concentraciones destacables hacia el interior del continuo central como ya lo sugería la figura anterior. Es decir, que los 6 restantes podrían ser subcentros de empleo.
- En términos de densidad-tiempo de empleo las cosas son distintas, puesto que de los 7 núcleos identificados, sólo 3 están en el continuo, a la vez que no destacan, a diferencia de los resultados de la densidad de empleo, municipios como Santa Coloma, Cornellà, Sant Boi o Martorell. Dichos municipios tienen, todavía, una fuerte presencia del sector industrial a excepción de Santa Coloma en donde domina el terciario banal).

- La densidad-tiempo permite identificar otros núcleos cuya presencia es imperceptible a la densidad de empleos, como Cerdanyola, Esplugues e incluso Matadepera, municipios especializados en educación, el primero de tipo superior debido a la presencia de la Universitat Autònoma de Barcelona de corte suburbano al estilo de los campus del norte de América y de la Europa septentrional, y los segundos de educación secundaria debido a la amplia oferta de colegios de carácter privado cuya área mercado trasciende claramente los límites municipales. Se trata por tanto, de núcleos especializados.
- Otros municipios como Sant Boi, Gavà o Viladecans, además de formar un continuo urbano, destacan sólo en una actividad relacionada con las actividades sociales, a pesar de haber tenido desarrollos históricos relacionados con la manufactura.
- El análisis deja ver que tanto los municipios centrales como los subcentros asumidos de forma cualitativa como tales, son ámbitos especializados en muchas actividades, es decir son también diversificados, aquellos subcentros más maduros como Sabadell o Mataró destacan en todas las actividades-tiempo, luego siguen otros como Terrassa o Granollers, y finalmente Vilanova señalada como concentración de las actividades referidas al consumo, el ocio y las sociales. Vilafranca es la gran ausente en este análisis, pues como ha sido documentado por Burns *et al.* (2001), se trata del último gran “subcentro” incorporado al proceso barcelonés de metropolización.
- Finalmente cabe destacar que el hecho de que municipios como L’Hospitalet, Badalona e incluso Santa Coloma sean señalados como concentraciones de muchas actividades es significativo de que, al año 2001, el centro metropolitano ya había cambiado de escala, expandiendo sus funciones hacia las ciudades de su primera periferia, otrora consideradas dormitorio.

Figura 4 Posibles subcentros según la densidad de empleo y la densidad-tiempo de diversas actividades

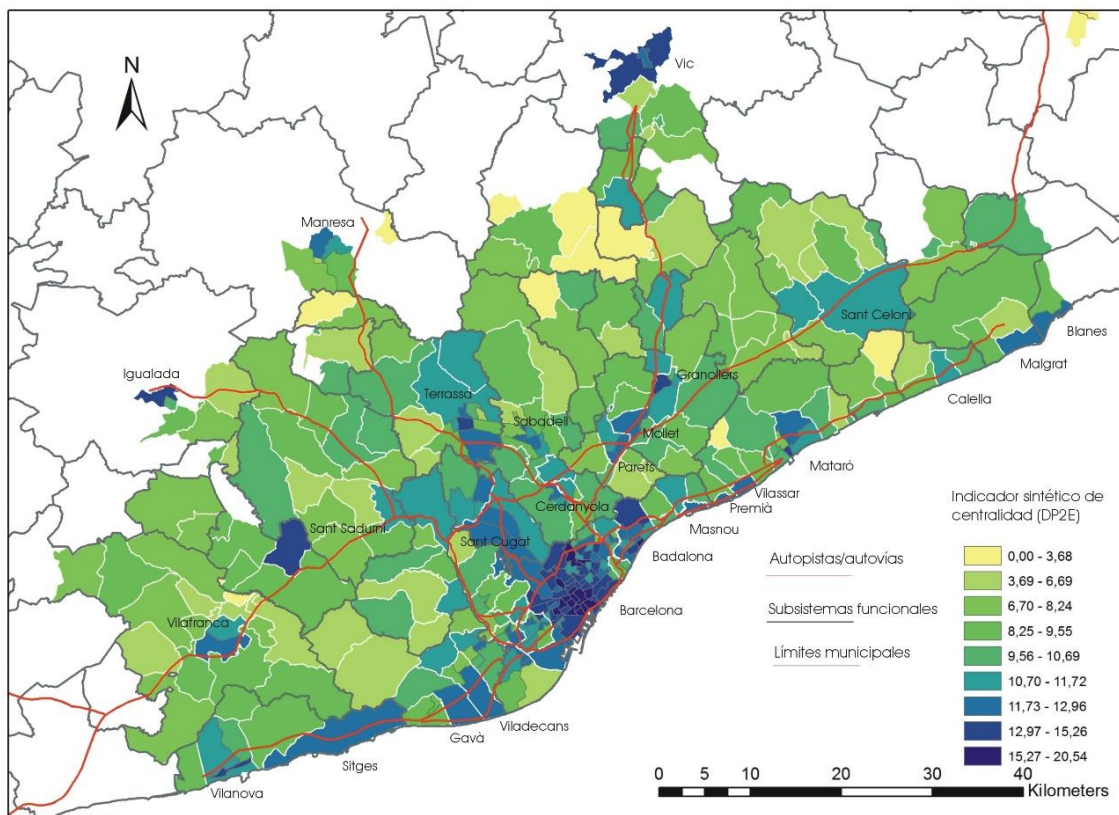


Finalmente, en Marmolejo y Cerda (2014) hemos construido un indicador sintético de centralidad a partir de indicadores parciales derivados de los patrones espaciales y temporales de la población. Así, con la ayuda de la Distancia Ponderada 2 (DP2) se han fusionado diferentes indicadores relacionados con: a) la intensidad de uso del territorio, b) la diversidad de uso y de los usuarios del mismo, y c) la nodalidad cualidad por la cual una zona, dada su localización y sistema topológico, es capaz de reducir la distancia de viaje de sus usuarios al tiempo que les permite concatenar más actividades en sus itinerarios. La Figura 17 muestra la distribución del indicador de centralidad. En dicha figura cuanto más intenso es el color más rasgos de centralidad subyacen en las zonas representadas. Con meridiana claridad destacan las zonas de transporte de Barcelona, especialmente las relativas a los barrios centrales como: L'Eixample, El Barri Gòtic, Gràcia, en menor medida algunas partes de El Raval, Sants, etc. En

cambio, llama poderosamente la atención la tenue importancia de las zonas especializadas fundamentalmente en actividades de oficina, como el corredor de la Av. Diagonal entre la Plaça de Francesc Macià y Maria Cristina o la Vía Augusta, así como los polígonos de actividad de la Zona Franca o aquellos ubicados en Sant Martí y Sant Andreu.

En el continuo urbano central se distinguen perfectamente los núcleos históricos de municipios de cierta relevancia demográfica como Badalona (aunque también aparece Montigalà, su gran polígono de actividades coronado por la primera tienda de Ikea en España) o L'Hospitalet.

Figura 5 Indicador de centralidad construido a partir de los patrones espacio-temporales reflejados en la Encuesta de Movilidad Cotidiana de Barcelona



Fuente: Elaboración propia sobre la base de la EMQ 2001

Fuera del continuo central se identifican los centros fundacionales de las ciudades con un desarrollo histórico paralelo a Barcelona como Sabadell, Terrassa, Mataró, Granollers, Vilanova (aunque no La Geltrú) y Vilafranca. Así como otros cuyo crecimiento demográfico ha sido por descentralización como Sant Cugat. También en un segundo orden aparecen los centros de los municipios cuyo crecimiento ha estado aparejado al desarrollo de corredores industriales articulados por grandes infraestructuras del transporte como Cerdanyola, Mollet o Parets del Vallès, y en menor medida Sant Celoni.

Mención aparte merece el caso de Sant Sadurní d'Anoia cuyos rasgos de centralidad aparecen más acentuados en relación a los estudios previos sobre el policentrismo. Dicha relevancia quizá derive de la concentración de más de 80 bodegas de Cava cuya importancia se eleva muy por encima de su rol como generadoras de empleo, puesto que es bien conocido el papel de

dichos centros como catalizadores del ocio, la gastronomía y el esparcimiento vinculado a la enología.

En el corredor prelitoral destacan los *water-fronts* de municipios costeros en donde los núcleos tradicionales han diversificado sus actividades hacia el ocio como: El Masnou, Premià de Mar, Vilassar de Mar, Calella; así como los consolidados turísticamente como Malgrat y Blanes, u otros emergentes como los frentes marítimos de Viladecans y Gavà. Asimismo, Sitges cuya oferta de playa se conjuga con la cultural.

Fuera de la Barcelona metropolitana, el mapa deja ver con claridad los centros de Vic, Manresa e Igualada.

Conclusiones

En este capítulo hemos abordado el estudio de la estructura urbana desde una perspectiva novedosa para lo que es común en la literatura. Primero se han mostraron resultados de los enfoques tradicionales morfológicos y funcionales. Luego se ha incluido la movilidad laboral, primero en términos de las distancias recorridas, y luego en términos de los tiempos de viaje (asociando también los modos de viaje). A continuación se ha abierto el espectro de actividades analizadas, bajo el enfoque de movilidad cotidiana, realzando el hecho que la movilidad depende directamente de la actividad que se desarrolle en el destino, con lo que cobra fuerza el análisis del tiempo que se dedica al desarrollo de las actividades en el territorio. Finalmente, dicho tiempo de uso del territorio conforma una nueva geometría de la estructura urbana, la que se muestra más versátil y holística, en términos de entendimiento de los fenómenos que estructuran el espacio.

Para lograr lo antes expuesto, hemos utilizado el comportamiento espacial y temporal de la población para identificar los roles que juegan las diferentes zonas del territorio metropolitano. Hemos partido, por tanto, de la hipótesis que son las personas quienes con sus trayectorias y estadias dan contenido, diferencian y ponen en relación a las diferentes piezas de la ciudad. Así, a partir de información derivada de la encuesta de movilidad cotidiana, hemos construido indicadores simples capaces de identificar centralidades, como por ejemplo la densidad-tiempo; u otros más complejos en donde además de la densidad se tiene en consideración la diversidad tanto de las actividades que la gente realiza a lo largo del territorio como incluso el origen socioeconómico de la gente que coexiste realizando diferentes actividades en determinados sitios de las urbes. Las centralidades así identificadas tienen la virtud de responder con mayor nitidez a la verdadera forma en cómo la ciudadanía utiliza el territorio, y superar, por ende, las limitaciones de los métodos tradicionales como los basados o bien sólo en la densidad de empleo o en los flujos laborales. Se trata por tanto de un paso adelante en los métodos de identificación de centralidades, y en consecuencia, de la caracterización de la estructura de los sistemas urbanos.

Por otra parte, nuestros análisis sugieren una estrecha relación entre la estructura urbana y los patrones de movilidad. De forma que las áreas metropolitanas españolas más policéntricas son también las que denotan recorridos espaciales y temporales más reducidos. De hecho, dicha distancia temporal se acorta de forma significativa en los subcentros en donde, además, el peso modal del transporte no motorizado (p.e. andando o en bicicleta) gana protagonismo.

Todo junto, sugiere que dichas centralidades secundarias tienen una escala más humana y son de un tamaño adecuado para promover prácticas sostenibles (y saludables) de movilidad laboral. En cambio, en las centralidades principales, el modo de transporte que destaca es el relacionado con los sistemas de transporte público, ya que las distancias recorridas por los *resident workers* son también las mayores, de forma que es más difícil realizar dichos desplazamientos en medios no motorizados. También hemos podido constatar que la conjunción de diferentes sistemas de transporte, y la configuración de usos del suelo en intensidades diferentes produce patrones de movilidad distingos: a medida que incrementa la periféricidad se reduce la autocontención, y por ende el número de viajes transmunicipales incrementa, además también se incrementa el alcance espacial de los mismos debido a que la velocidad mejora. En definitiva, un suburbanita está condenado, con un alto grado de probabilidad, a tener que buscar empleo en un municipio diferente al que vive, recorriendo distancias mayores y en medios de transporte que por su velocidad permitan alcanzar el lugar de trabajo en el menor de los tiempos posibles. Por su parte, los habitantes de las centralidades tienen una alta probabilidad de tener trabajo en su mismo municipio y, además, de recorrer distancias menores, sin embargo en medios de transporte de menor velocidad, y por ende con recorridos temporales más importantes. Sin embargo, un mayor tiempo de viaje a lo largo de la ciudad compacta no es necesariamente malo, puesto que el trayecto de casa al trabajo puede tener otras actividades relacionadas con las compras, el ocio y las actividades sociales como se ha visto al analizar las cadenas de viaje de la movilidad cotidiana. Todo junto refuerza la idea de que el policentrismo es, desde la perspectiva de la movilidad laboral, un modelo sostenible, y por tanto, poco se equivocan las políticas públicas que lo promueven tanto a una escala regional como metropolitana.

Ahora bien, el análisis del comportamiento espacio-temporal de la población a través de la caracterización de las cadenas-de-viaje es en sí mismo interesante, ya que realza factores inéditos, como por ejemplo los *trade-off* en el consumo del tiempo, en el sentido que mientras más aumenten la duración de las actividades de trabajo y estudio, más disminuirán las duraciones del resto de las actividades. Pero este comportamiento se invierte en día no laboral, ya que disminuyen las duraciones de trabajo y estudio, en pos de un aumento las duraciones de las restantes actividades.

Otro comportamiento relevante es el hecho que las actividades condicionadas de trabajo y estudio presentan una gran expansión temporal (en tiempo de viaje y duración) el día laboral, la que se contrae relativamente poco el día no laboral (es decir, no hay mucho donde elegir). Por otra, las actividades que presentan un menor condicionamiento, y una mayor posibilidad de elección como compras y personales, presentan un claro comportamiento *trade-off*, entre el tiempo de acceso y la duración, comparando los días laboral y no laboral. Las actividades sociales y de ocio-recreación presentan un mayor bienestar en su desarrollo, por lo que se expanden significativamente sus comportamientos temporales, principalmente las duraciones, y en segundo lugar el tiempo de acceso. Las actividades sociales del día laboral son diferentes de las del día no laboral.

Lo anterior es indicativo de que los territorios se utilizan de forma diferenciada en el tiempo, considerando actividades con y sin posibilidad de elección, así como la diferenciación de día laboral y no laboral.

Finalmente, la estructura urbana vista desde la densidad-tiempo permite identificar núcleos cuya presencia es imperceptible a la densidad de empleos, se trata por tanto, de núcleos especializados. El análisis deja ver que tanto los municipios centrales como los subcentros asumidos de forma cualitativa como tales, son ámbitos especializados en muchas actividades, es decir son también diversificados, aquellos subcentros más maduros destacan en todas las actividades-tiempo, pero luego le siguen los subcentros referidos al consumo, el ocio y las sociales.

Para finalizar, la dimensión temporal que imprime la consideración de la movilidad, en su más amplia acepción, en el análisis y determinación de la estructura urbana, realiza una nueva geometría, la que resulta ser holística y fractal, en el sentido que es indicativa de proceso menores en magnitud, pero que no dejan de ser significativos en el entendimiento de los territorios. Todo lo anterior es determinado, y dibujado, por el comportamiento de la población en el espacio-tiempo de desarrollo de sus actividades.

Bibliografía

BERRY, B. J. L. (1964). Cities as systems within systems of cities, en *Papers of the Regional Science Association*, 13: 146-163.

BOIX, R. y J. TRULLÉN (2012). Policentrismo y estructuración del espacio: una revisión crítica desde la perspectiva de los programas de investigación, en *ACE: Architecture, City and Environment*, 6 (18): 27-54.

BURNS, M.; MOIX, M.; ROCA, J. (2001). Contrasting Indications of Polycentrism within Spain's Metropolitan Urban Regions, paper for the *Eighth European Estate Society Conference*, Alicante, June 26-29.

CERDA, J. (2012). *Efecto del comportamiento espacio-temporal de la población sobre la estructura de actividades en la ciudad. Un acercamiento a los ritmos urbanos de Barcelona 2001-2006*. Tesis doctoral dirigida por Dr. Marmolejo C. Departamento de Tecnología de la Arquitectura. Programa de Doctorado en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica. Universitat politècnica de Catalunya. Barcelona.

CERDA, J. Y MARMOLEJO, C. (2010). From accesibility to territorial functionality: a new dimension to understand urban structure of metropolitan areas of Santiago (Chile) and Barcelona (Spain). *Revista de Geografía Norte Grande*, ISSN-e 0718-3402, Nº. 46: 5-27

CHAMPION, A.G. (2001). A changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city population. *Urban Studies*. 4: p. 657-67.

DEMATTEIS, G. (1985). *Contro-urbanizzazione e strutture urbane reticolari*, en BIANCHI, G. & I. MAGNANI (eds.), *Sviluppo multiregionale: teorie, metodi, problemi* (pp. 121-132), Franco Angeli, Milán.

GARCÍA-LÓPEZ, M.A. (2007). Estructura Espacial del Empleo y Economías de Aglomeración: El Caso de la Industria de la Región Metropolitana de Barcelona. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*. 4.: 519-553.

GIULIANO, G. y SMALL, K. A. (1991). Subcenters in the Los Angeles region. *Regional Science and Urban Economics*. Núm. 21:163-182.

GREEN, N. (2007). Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis. *Urban Studies*. Núm. 11: 2077–2103.

MARMOLEJO, C. y CERDA, J. (2012). La densidad-tiempo: otra perspectiva de análisis de la estructura metropolitana, en *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVI (402).

MARMOLEJO, C.; CERDA, J. (2014) En búsqueda de los lugares estructurales: un análisis de comportamiento espacio temporal de la población para la identificación de centralidades urbanas, Comunicación presentada en el 10º *Congreso Ciudad y Territorio Virtual*, celebrado del 10 al 12 de septiembre de 2014 en Monterrey, México.

MARMOLEJO, C; CHICA, E. y MASIP, J. (2012). ¿Hacia un sistema de metrópolis españolas policéntricas?: Evolución de la influencia de los subcentros en la distribución de la población. *ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno*. 18: 163-190.

MARMOLEJO, C., MASIP, J. y AGUIRRE, C (2013a). Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas. *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*. 174: 281-300

MARMOLEJO, C.; RUIZ, N. y TORNÉS, M. (2013b). Is the polycentrism a desirable feature in the construction of sustainable residential environments? *Housing Environment*, Vol 11: 99-108.

MARMOLEJO, C.; RUIZ, N. Y TORNÉS, M. (2015). ¿Cuán policéntricas son nuestras ciudades? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, XLVII (186): 679-700

MARMOLEJO, C. y TORNÉS, M. (2015). ¿Reduce el policentrismo la movilidad laboral? Un análisis para las siete grandes áreas metropolitanas en España. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de enero de 2015, vol. XIX, nº 500. <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-500.pdf>>. ISSN: 1138-9788.

MILLS, E.S. & HAMILTON, B.W. (1984). *Urban Economics*. 3ªEd. Glenview, Illinois. Scott, Foresman & Co.

MUÑIZ, I; GARCÍA-LÓPEZ, M.A. y GALINDO, A. (2008). The Effect of Employment Sub-centres on Population Density in Barcelona. *Urban Studies*. (45)3: 627-649.

PILLET, F.; CAÑIZARES, M.; RUIZ, A.; MARTÍNEZ, H; PLAZA, J. Y SANTOS J. (2010). El policentrismo en Castilla-La Mancha y su análisis a partir de la población vinculada y el

crecimiento demográfico. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona. Vol. XIV, núm. 321.

PRED, A. (1977). *City-systems in advanced economies: past growth, present processes, and future development options*. Hutchinson, Londres. Kluwer Academic Publishers.

ROCA, J. (1988). *La estructura de los valores urbanos: un análisis teórico-empírico*, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.

O’SULLIVAN, A. (2011). *Urban Economics*, 8th Edition, McGraw-Hill Irwin.

HÄGERSTRAND, T. (1970). “What about people in regional science?” *Papers of Regional Science Association*, N° 24: 7-21.

